



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TAPANI LAAKSONEN
LUONNONKUITUJEN JALOSTUSLINJAN SUUNNITTELU
Diplomityö

Tarkastaja: professori Erno Keskinen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
5. maaliskuuta 2008

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

LAAKSONEN TAPANI:

LUONNONKUITUJEN JALOSTUSLINJAN SUUNNITTELU

Diplomityö, 72 sivua

Marraskuu 2009

Pääaine: Koneensuunnittelu

Tarkastaja: Professori Erno Keskinen

Avainsanat: Luonnonkuidun prosessin hallinta, Jalostuslinjan tehokkuus

Kuidun talteenoton tarkkuus, Kuidun laatu, Kuitulinjan säätö- ja nopeusparametrien hallinta.

Luonnonkuitujen jalostuslinja on osa kokonaisuutta, joka liittyy menetelmään, jossa on tarkoitus hyödyntää luonnonkuitua rakennusteollisuudessa. Menetelmässä käytetään ainoastaan luonnonmateriaaleja sisäseinien ja ulkoseinien pinnoitukseen.

Tämän menetelmän hyötynä on se, että materiaali on puhdasta jo ennen jalostusta ja säilyy sellaisena koko prosessin ajan. Toisena hyötynä on se, että sisäilma saadaan pysymään hyvälaatuisena. Hyvin paljon jo nyt kiinnitetään huomiota puhtaaseen sisäilmaan, tämä menetelmä on yksi mahdollinen ratkaisu tähän ongelmaan.

Terveysnäkökohdat pitkäaikaisessa käytössä on myös tulevaisuudessa huomioitava entistä tarkemmin toimisto- tai asuinrakennuksissa.

Opinnäytetyö käsittää kolme osaa:

Kirjallisuustutkimuksessa selvitetään luonnonkuitujen ominaisuuksia ja käyttöä niiden historiasta nykypäivään. Seuraavassa on kuvattu kyseessä oleva prosessi ja siihen liittyvät tutkimukset. Viimeisenä laitekokonaisuuden kuvaus ja johtopäätökset.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering.

LAAKSONEN, TAPANI:

Plan of natural fibers process line.

Master of Science Thesis, 72 pages

November 2009

Major: Mechanical engineering

Examiner: Professor Erno Keskinen

Key words:

control of natural fibre refinement

efficiency of refining line

precision of fibre collection

quality of fibres

control of adjustment- and speed parameters (of the refining line)

The natural fibre refining line is part of a system utilizing natural fibre in building industry. This method uses only natural materials for lining (surfacing) interior and exterior walls. The great benefit of this material is that it is, and remains, clean throughout the whole building process. It also guarantees the healthy quality of indoor air.

People need good, clean air to breathe and this method of using natural fibres provides them with that.

Health issues concerning office buildings as well as residential houses are of vital importance to us both now and in future.

The thesis consists of three parts:

- The literature part studies the properties and the usage of natural fibres throughout history up till now.
- This study, which describes the process itself and relevant research.
- The third part deals with the equipment needed and the conclusions to be drawn.

SISÄLLYS

LUONNONKUITUJEN JALOSTUSLINJAN SUUNNITTELU	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
1. JOHDANTO	1
2. LUONNONKUITUJEN KIRJALLISUUSTUTKIMUS	2
2.1 Tekstiilikuidut	2
2.1.1 Luonnonkuitujen jaottelu	3
2.1.2 Siemenkuidut	3
2.1.3 Runkokuidut	4
2.1.4 Lehtikuidut	9
2.1.5 Hedelmäkuidut	11
2.2 Savikomposiitit	13
2.3 Maatalouskuidut	22
2.4. Savikomposiittiin perustuvat rakentamismenetelmät	24
3. OSMANKÄÄMIN PROSESSOINTI	25
3.1 Prosessin vaiheet kaaviona	25
3.2 Prosessin vaiheet	27
3.3 Prosessin tutkimus	33
3.4 Vaatimuslistat murskaus- ja pakkauslinjan koneille	46
4. SUUNNITELLUN JÄRJESTELMÄN KUVAUS	49
4.1 Suunnittelun jalostuslinja kuvaus	49
4.2 Suunnittelun prosessin kuvaus	50
4.3 Johdanto pinnoitetehtaan prosessiin	51
4.4 Seinäpinnoitteen valmistustehdas	52
4.4.2 Tehtaan suunnittelu	54
4.4.3 Prosessin kehittäminen	57
5. JOHTOPÄÄTÖKSET, JATKOTUTKIMUSNÄKYMÄT	66
KIRJALLISUUSLÄHTEET	

1. JOHDANTO

Tutkimustyössä on selvitetty osmankäämi kasvin kuidun saattamista siihen muotoon ja puhtausasteeseen, että sitä voidaan käyttää seinärakenteen pinnoitteen sidoskuituna.

Tutkimuksen rahoittajana on Euroopan unioni ja projektiin osallistuu seitsemän eri maata, joissa on tutkimuksellisia partnereita neljä yliopistoa tai muuta tutkimuslaitosta. Lisäksi projektiin kuuluu kuusi yrityspartneria.

Yrityspartnerista mainittakoon: Natur & Lehm Lehmabaustoffe GmbH (N&L) - Austria ; Clay Processing Services Ltd (CPS) - Estonia ; Lammin Paja Ky , Finland ja Seecon International Ltd (Seecon) - Switzerland.

Tutkimuksen kohteena oli kuidun ominaisuuksien selvittäminen ja sen liikkuvuuden tutkiminen. Tutkimusmenetelmänä oli mallintaa järjestelmä, jolla voidaan saada tietoa kuidun liikkuvuudesta ja analysoida siitä parametrit laitteiston suunnitteluun. Menetelmässä rakennettiin erikokoisia ja muodoltaan erilaisia kanavia sekä kuidun käsittelylaitteita, joissa oli säädettävä läpäisy pinta-ala sekä säädettävä ilman määrä ja painetaso.

Näin todennettiin laboratorio olosuhteissa todellista tilannetta kuitulinjan prosessissa ja mallinnettiin kyseistä prosessia niin tarkasti kuin se oli mahdollista.

Kun ottaa huomioon kuidun koon ja sen herkkäliikkeisyyden tutkimus oli haasteellinen. Myöskään tätä kuitua ei ole käytetty yleensä missään sovelluksessa hyödynnettynä tätä aikaisemmin, joten aikaisempia tutkimustuloksia ei ollut saatavilla kyseiseen tarkoitukseen.

Kyseisessä seinäpinnoitteessa on materiaalina kvartsihiekkä, jauhettu kuiva savi sekä sidoskuituna hammppukuitu tai osmankäämi kasvin kukinnosta saatava kuitu. Nämä kaksi sidoskuitua täyttävät tarvittavat ominaisuudet. Niiden sidontaominaisuudet ovat hyvät ja niiden kuitujen rakenne on soveltuva tähän käyttöön.

Menetelmää käyttäen voi seinärakenteeseen saada hyviä ominaisuuksia.

Seinärakenteen pintamateriaali on kokonaan luonnosta. Rakenne on myös hengittävä eli kun huoneeseen tulee kosteutta, niin seinä sitoo kosteuden seinäpinnoitteen sisään. Kun seuraavaksi huoneessa lämpötila kohoaa, niin seinä luovuttaa sidotun kosteuden huonetilaan tasaisesti sekä pitkähkön ajan kuluessa.

2. LUONNONKUITUJEN KIRJALLISUUSTUTKIMUS

Tässä osassa on selvitetty luonnonkuitujen ominaisuuksia ja käyttöä sekä myös historiaa soveltuvien osin sekä teknologian kehittyessä myös muutoksia niiden valmistuksessa ja hyödyntämisessä. Kuitenkin on rajattu käsiteltävät luonnonkuidut kasvikuituihin, jotka ovat lähempänä tämän työn pääosaa kuin muut kuidut. Myöskin kuitujen valintaan on vaikuttanut maantieteellinen sijainti ja se, että kyseisen tutkimuksen hyödyntäjät ovat Euroopan alueen toimijoita.

2.1 TEKSTIILIKUIDUT

Tekstiilikuidut ovat olleet jo kauan hyvin tärkeässä asemassa ihmiskunnan alkuajoista alkaen. Tarvittiin suojaa ilmaston vaikutuksilta ja myös muuhunkin käyttöön jalostettiin kuituja jo luolamieskaudella. Yleensä puhuttiin ensin pelkästään eläinten turkkien käytöstä, niitä vain jonkin verran muokaten. Myöhemmin suolella tai langalla ompelu ja varsinainen vaatteiden valmistus kehittyi, kun uusia menetelmiä keksittiin ja työvälineet kehittyi paremmiksi nahkojen muokkaamiseksi sekä kuitujen muokkaamiseksi vaatteiksi ja tekstiileiksi.

Melko varhain tulivat tunnetuksi kudotut tekstiilit. Niissä käytettiin luonnosta saatavia kuituja. Eläinkunnan ensimmäisiä hyödynnettäviä kuituja oli lampaanvilla sekä muiden karvapeitteen omaavien eläinten karvapeite. Näitä kuituja opittiin käsittelemään sekä kehräämällä ja niistä saatiin lankaa, josta kudottiin kankaita. Aluksi kankaat olivat hyvin karkeita johtuen siitä, että kutomiseen käytetyt langat olivat paksuudeltaan sekä laadultaan vaihtelevia. Kun menetelmät kehittyivät ja laitteet paranivat saatiin jo korkealaatuisempaa lankaa kankaiden raaka-aineeksi.

Tuotantomäärät kasvoivat samalla ja kankaiden tuotanto muuttui jossain vaiheessa teollisempaan suuntaan. Erikoistuminen oli jo varhain otettava huomioon, johon vaikutti lähinnä maantieteelliset seikat. Tuotanto oli kuitenkin vielä paikallista toimintaa ja eri maissa ja eri alueilla tuotettiin sellaisia kankaita, joihin raaka-aineet olivat saatavissa lähialueilta. Valmiiden kankaiden vienti eri maihin aloitettiin jo varhain. Kankaat olivat yksi suosituista vientituotteista, jo heti kun kaupankäynti alkoi eri maiden välillä vilkastua.

Maaperästä louhittavat mineraalikuidut tulivat tunnetuksi, kun keksittiin niiden hyvä kyky kestää lämpöä ja toimia lämmöneristeenä. Asbesti on useiden kuitumineraalien yhteisnimitys. Nykyisen niiden käyttö on kielletty, sillä ne aiheuttavat hengitystiesairauksia ja lisäävät syöpään sairastumista. (1)

2.1.1 LUONNONKUITUJEN JAOTTELU

- siemenkuidut
- runkokuidut
- lehtikuidut
- hedelmäkuidut

2.1.2 SIEMENKUIDUT

PUUVILLA

Puuvilla (Kuva 1) on pehmeä kuitu, jota saadaan pensaina kasvavan puuvillakasvin (*Gossypium spp.*) siemenhahtuvista.

Puuvilla on maailmassa eniten käytetty kasvikuitu. Sen osuus kaikista käytettävistä kuiduista on noin 45 %. Puuvillakuitu saadaan puuvillakasvin siemenkodista.

Puuvillaa on viljelty jo tuhansia vuosia. Höyryvoimalla toimivien kehruu- ja kutomakoneiden kehittäminen 1700-luvulla kuitenkin alkoi lisätä puuvillakankaiden tuotantoa huimasti.

Puuvilla syrjäytti vähitellen muita aiemmin yleisiä kankaiden materiaaleja, esimerkiksi Suomessa pellavan. Puuvillaa ei kuitenkaan kasva Suomessa.

Suuria puuvillan tuottajia ovat Kiina, Yhdysvallat ja Venäjä. Sitä viljellään myös muissa Aasian maissa, Afrikassa ja Etelä-Amerikassa. (1)



Kuva 1 Puuvillan siemenhaituva

2.1.3 RUNKOKUIDUT

PELLAVA

Pellava (*Linum usitatissimum*) (Kuva 2) on yksivuotinen alle metrin korkuinen kuitu- ja öljykasvi. Pellavan heimo Linaceae on alkuperältään Välimeren alueen noin 170 lajia käsittävä ruokokasviheimo.

Pellava on monipuolinen kasvi, joka voidaan hyödyntää varresta siemeniin. Siitä voidaan valmistaa paitsi lääkkeitä, öljyä, kangasta myös rakennusten lämpö- ja äänieristeitä, kuitulevyjä, suodattimia ja geotekstiilejä.

Pellavaa on käytetty jo ainakin 5000 vuotta ravinto- ja kuitukasvina. Siitä on valmistettu erilaisten vaatekappaleiden lisäksi mumioiden käärinliinoja ja foinikialaisten purjeita. (1)



Kuva 2 Pellavan kukka ja varsi

HAMPPU

Hamppu (*Cannabis sativa*) (Kuva 3) on hamppukasvien (*Cannabaceae*) heimoon kuuluva perinteinen viljelyskasvi.

Hamppu on maapallomme eräs vanhimmista kulttuurikasveista. Tuhansia vuosia on hampusta valmistettu kankaita, purjeita, köysiä, naruja, eristeitä, paperia, öljyä, lääkkeitä, ruokaa ja rehua.

Hamppu on erinomainen kasvi eroosion pysäyttämiseen (tähän on vielä parempi osmankäämi), joentörmien tukemiseen ja palaneiden metsäalueiden maanmöyhentämiseen. (1)



Kuva 3 Hampun lehtiä ja muita kasvin osia.

JUTI

Juti eli juutti (Kuva 4) on yksivuotinen trooppinen kasvi, joka kasvaa 2 -5 metrin mittaiseksi.

Jutin muokkaus kuiduksi tapahtuu samoin kuin pellavan.

Jutia on viljelty Intiassa hyvin kauan, Eurooppaan jutin käyttö levisi 1800-luvulla. (1)



Kuva 4 Jutin varsi ja lehtiä.

RAMI

Rami (*Boehmeria nivea*) (Kuva 5), jota kutsutaan myös kiinanruohoksi, on nokkoskasveihin (*Urticaceae*) kuuluva ruoho. Kasvin varresta erotettavia kuituja käytetään tekstiilien ja paperin raaka-aineena.

Rami on trooppisen ja subtrooppisen alueen nokkoskasvi, joka saattaa kasvaa jopa 3 metrin mittaiseksi. Ramin muokkaus kuiduksi tehdään pääasiassa käsityönä, mikä nostaa valmiin kuidun hintaa.

Ramia on käytetty jo Egyptissä 5000-3000 eKr. Euroopassa ramia viljeltiin ja jalostettiin 1700-1800-luvuilla.

Nykyisin ramia tuotetaan lähinnä Kiinassa, Japanissa, Etelä- ja Pohjois-Amerikassa, Filippiineillä ja Indonesiassa. Euroopassa ramia tuotetaan Ranskassa, Italiassa ja Espanjassa. (1)



Kuva 5 Ramin versoja ja lehtiä

NIITTYVILLA ELI TUPASVILLA

Tupasvilla (*Eriophorum vaginatum*) (Kuva 6 ja 7) Suomessa yleinen kasvi erilaisilla soilla, myös tuntureiden rinnesoilla.

Tupasvillan korsi on 3-4 mm leveä. Keväällä tupasvillan kukkiessa se on 10-15 cm pitkä, mutta kun siemenet kypsyvät valkeaksi tupsuksi, korsi kasvaa puolimetriseksi. Tupasvillaa tavataan Pohjois- ja Keski-Euroopassa sekä Siperian länsi-osassa.

Tupas-villakuitu on turpeennoston sivutuote. Suossa lionneena kasvin lehtitupista syntyy villaan, pellavaan ja silkkiin sekoitettuna hyvin lämpimiä tekstiilejä. Tupasvillasta on valmistettu 1800-luvulta lähtien huopia ja vaatteita. Tupasvillaa käytetään nykyään myös öljyntorjunnassa. (6)



Kuva 6 Niittyvillan kasvustoja



Kuva 7 Niittyvillan kukka

NOKKONEN

Nokkosen (*Urtica dioica*) (Kuva 8) varren kuiduista tehdään paperia ja kangasta.

Nokkoskankaan käytöstä Suomessa on merkkejä myöhäisistä rautakauden hautalöydöistä asti. Nokkoskankaan käyttö Suomessa loppui lähes kokonaan puuvillan tultua markkinoille. (6)



Kuva 8 Nokkosen varsi ja muita kasvin osia

OSMANKÄÄMI

Osmankäämit (*Typha*) (Kuva 9) on noin kymmenen lajia käsittävä osmankäämikasvit-heimoon kuuluva kasvisuku, jota esiintyy kosteissa paikoissa.

Lajit kasvavat kaikissa maapallon ilmastovyöhykkeissä trooppikista viileään. Suomessa esiintyy kaksi lajia: leveäosmankäämi (*Typha latifolia*) ja kapeaosmankäämi (*Typha angustifolia*)

Leveäosmankäämin vankkoja, korkeita kasvustoja ei syyskesäisin kosteikkojen ranta-alueilla voi huomaamatta sivuuttaa, sillä niin huomiota herättäviä ovat niiden kasvuvarsien latvoihin kesän aikana emikukinnoista kehittyneet tummanruskeat kukinnot, joiden pinta on kuin samettimaisen nukan peittämää.

Leveäosmankäämi on täällä Etelä-Suomessa varsin yleinen ja levinneisyysalue laajenee jatkuvasti pohjoiseen päin mentäessä.

Kasvin kukinta ajoittuu täällä heinä-elokuuhun. Kasvi viihtyy hyvin ja lisääntyy nopeasti varsinkin rehevöityneissä, matalissa rantavesissämme.

Se kuuluu suurikokoisimpiin meillä esiintyviin vesikasveihin joiden kasvutarren korkeus täysikokoisilla yksilöillä voi yltää ravinteikkailla kasvupaikoilla jopa kahteen (2) metriinkin saakka. Kasvin lehdet ovat väriltään sinivihreitä, pitkiä ja kapeita. Ne lähtevät kasvutarresta vuorottain kierteisinä ja voimakkaasti ylöspäin suuntautuneina.

Jälkikasvunsa kasvi hoitaa tehokkaasti, sillä täysin kehittyneet tummanruskeat emikukinnot sisältävät kymmeniä tuhansia pienen pieniä lenninhaivenella varustettuja siemeniä, jotka valmistuttuaan purkautuvat sitten tuulen vietäviksi. Sopivien ylöspäin suuntautuvien ilmavirtausten vallitessa niiden lentomatka voi olla satoja kilometrejä tai paljon enemmänkin.

Kasvin kuitua on käytetty esim. tyynyjen pehmusteena ja lehtiä puutynnyrien tiivistykseen. (10)



Kuva 9 Osmankäämin kukintoja

2.1.4 LEHTIKUIDUT

SISAL

Sisal (*Agave sisalana*) (Kuva 10) on monivuotinen agave-sukuun kuuluva kasvi. Sen lehdet, joista kuidut irrotetaan, kasvavat noin 1-1.5 m mittaisiksi.

Sisal on väriltään vaalea, voimakaskiiltainen ja karkea kuitu, jota käytetään narujen ja köysien raaka-aineena. Sisalin viljelyalueet ovat Tansania, Kenia, Uganda ja Mosambik.

Hennequenia, joka on sisalin kaltainen lehtikuitu, viljellään Meksikossa, El Salvadorissa ja Kuubassa. (6)



Kuva 10 Sisalin varsi ja lehtiä

MANILLA

Manilla (manilahamppu, abaca) (*Musa textilis*) (Kuva 11), joka tunnetaan myös nimellä abaca kuuluu banaanikasveihin.

Kuitu on väriltään kellertävää, se on kovaa ja kestää hyvin merivettä. Sitä käytetään köysien raaka-aineena, ja sen tuotanto tulee pääasiassa Filippiineiltä. (6)



Kuva 11, Abacan kukka

2.1.5 HEDELMÄKUIDUT

KOOKOSKUIDUT

Kookospalmu (*Cocos nucifera*) on palmukasveihin (*Arecaceae*) (Kuva 12) kuuluva kasvi. Se on suvun *Cocos* ainoa jäsen.

Kookospalmu on suuri, jopa 30 metrin pituiseksi kasvava trooppisten seutujen puu, joka on tunnettu hedelmästä – kookospähkinästä. Kookospalmu on trooppisten alueiden tärkeä ravintokasvi. Kookospalmun hedelmää kutsutaan kookospähkinäksi. Kasvitieteellisesti se on eräänlainen luumarja. Kookospähkinässä on uloimpana ohuen kuoren sisällä kuituinen mesokarppi. Kookospalmu onkin myös kuituraaka-aineen lähde. Hedelmien karkeasta, punaruskeasta kuidusta voidaan valmistaa naruja ja mattoja.

Kuituisen kerroksen sisäpuolella on kova endokarppi. Kauppaan tulevista kookospähkinöistä mesokarppi on poistettu, ja jäljellä ovat vain sen kova endokarppi ja sen sisällä oleva siemen.

Kookoskuitua saadaan kookospalmun hedelmästä. Kuitu erotetaan kypsän hedelmän kuoren sisäpinnasta liottamalla niitä merivedessä. Kookospalmua viljellään Aasiassa, lähinnä Sri Lankassa sekä Etelämeren saarilla ja Meksikossa. Kookoskuitua tuotettiin 900 000 tonnia vuonna 2004.

Kookoskuitu on kevyt ja väriltään ruskea. Kuitu ei ole kovin luja, mutta kastuessaan se kestää paremmin kulutusta. Pitkiä kookoskuituja käytetään köysien ja mattojen raaka-aineena.

Lyhyitä kuituja voidaan hyödyntää harjojen valmistuksessa. (6)



Kuva 12 Kookospalmun lehtiä ja hedelmiä

2.2 SAVIKOMPOSIITIT

Savikomposiitit ovat kuituja joita käytetään savirakenteita valmistettaessa lujittamaan savea ja mahdollisten lisäaineita sisältävää massaa. Massasta valmistetaan yleisemmin taloja ja muita, lähinnä maaseutu ympäristöön tulevia rakennuksia. Tyypillisinä rakennuksina savikomposiitin käytölle voi mainita asuintalot ja karjasuojat sekä varastot. Varhaisemmassa teollistumisen vaiheessa käytettiin savikomposiitteja myös teollisuusrakentamisessa.

2.2.1 OLKI



Kuva 14 Olki

Oljiksi (Kuva 14) kutsutaan heinäkasvien, tyypillisesti viljojen, suoria korsiä puinnin jälkeen. Olkia saadaan käytännössä ainoastaan käsin puimalla. Nykyisin suoria olkia ei enää saada, vaan oljet murskaantuvat puimurissa pahnaksi eli pehkuksi tai silppuria käytettäessä silpuksi. Nykyään suorien korsien nimitys "olki" on puheessa siirtymässä merkitsemään murskaantuneita korsiä eli pehkua tai pahnaa.

Olki on ollut yksi merkittävistä savikomposiiteista. Olki on ollut maaseudulla hyvin saatavilla oleva komposiitti ja myös edullinen. Oljen ominaisuudet ovat hyvät kyseiseen tarkoitukseen. Sen vetolujuus on hyvä ja sen korsimainen poikkileikkaus on hyvin soveltuva rakenteeseen. Eristettä ei varastoissa tarvita yleensä enempää kuin oljen muodostamat ilmataskut seinän sisällä. On huomioitava kuitenkin se, että seinä on riittävän paksu, jotta eristyskyky on kuhunkin tarkoitukseen sopiva. Asuintalon rakentamisessa riittävän eristyskyvyn saamiseksi on seinän paksuus oltava noin 400 mm käytettäessä sidoskuituna olkea. (10)

2.2.2 KANERVA



Kuva 15 Kanervan varsia ja kukintoja

Kanerva (*Calluna vulgaris*) (Kuva 15) on kanervakasveihin kuuluva monivuotinen varpu. Kanerva kasvaa mieluiten kuivahkoilla, valoisilla ja maaperältään happamilla paikoilla, kuten kallioilla ja luodoilla, kangasmetsissä sekä rämeillä. Kasvukorkeus 10–50 cm.

Yleisesti Suomessa kasvavana lajina se on monen metsätyyppiopin mukaisen metsien kasvupaikkatyyppin tunnuslaji. Kanerva on Kainuun maakuntakasvi ja kauppayrtti.

Kanerva kasvaa lähes koko Euroopassa. Se puuttuu kuitenkin pohjoisessa olosuhteiltaan aivan karuimmilta alueilta, kuten Islannin sisämaasta ja Lapin korkeimmilta tuntureilta, ja toisaalta etelässä suuresta osasta Välimeren ranta-alueita, Unkarin pualta sekä Kaakkois-Euroopan aroilta ja Kaukasukselta. Se on levinnyt myös jossain määrin Vähä-Aasiaan ja Venäjältä Siperian puolelle sekä Pohjois-Amerikkaan, Meksikoon ja Uuteen Seelantiin.

Kanervan varsi on ominaisuuksiltaan varsin sopiva savikomposiitiksi. Varren vetolujuus on melko suuri ja sen kuitu on sitkeä. Eristyskyky on huonompi kuin olkea käytettäessä, koska kanervan varsi ei muodosta samalla tavalla ilmataskuja rakenteeseen kuin olki.

Lähinnä sitä on käytetty karjasuojissa ja varastoissa, joissa ei eristyskyky ole niin merkittävä ominaisuus kuin se on asuintaloa rakennettaessa.

Kanervan helppo saatavuus ja taloudellisuus tekivät siinä halutun komposiitin maatalousrakennuksien rakentamisessa. (10)

2.2.3 PAJUN VERSOT



Kuva 16 Pajun kasvustoja

Pajut (*Salix*) (Kuva 16) kuuluvat haapojen kanssa pajukasvien (*Salicaceae*) heimoon. Pajujen suvussa on noin 450 kaksikotista varpu-, pensas- tai puumaista lajia. Suomessa erilaisia pajulajeja kasvaa noin 20. Niitä kasvaa varsinkin purojen, ojien ja pienten jokien varsilla. Nopeakasvuisuutensa vuoksi pajuja hyödynnetään energiapuuna (vesipaju). Pajun kuoressa on salisylaatteja, jonka vuoksi sitä on käytetty lääkekasvina.

Salisylaattit imeytyvät ruoansulatuskanavasta elimistöön ja hajoavat siellä salisyylilihapoksi, joka on tulehduskipulääke. Rohdosten raaka-aineeksi tarkoitettua salisylaattipajua voidaan myös viljellä.

Pajut ovat notkeita ja nopeasti pitkän ohkaisiksi vitsoiksi kasvavina hyvin soveltuvia punontatöihin siinä missä rottinki tai bambukin. Useimmista pajuista voidaan valmistaa pajupilli.

Paju on ominaisuuksiltaan soveltuva savikomposiitiksi. Sen rakenne on sitkeä ja sen saatavuus hyvä. Luonnon materiaalina se on ollut käytössä aikaisemmin enemmän kuin nykyään, johtuen lähinnä sen edullisuudesta.

Kun pajun versot ovat paksuudeltaan sopivan ohuita on syntyvä rakenne luja ja siitä syntyy tasalaatuinen. Koska savitalo rakenteen loppukosteus on alhainen niin pajun versoja ei tarvitse kuoria, sillä seinän sisällä ei ole homehtumisen vaaraa. (10)

2.2.4 SAHANPURU JA KUTTERIHÖYLÄN LASTUT

Savikomposiittina sahanpurua on käytetty etenkin silloin kun rakenteessa on ollut myös puuta muurattuna saven sitomana seinärakenteeksi.

Sahanpuru muodostaa pieniä ilmataskuja saven sisään ja näin seinän eristyskyky paranee.

Kutterihöylän lastut ovat rakenteeltaan karkeampia ja soveltuvat hyvin savikomposiitiksi.

Näiden tavallisin käyttö on karjasuojissa ja sen kaltaisissa rakennuksissa, joissa ei ole aivan niin suurta eristysvaatimusta kuin asuintaloissa. Sahanpurun ja kutterilastujen saatavuus on yleensä hyvä ja sen hankinta on melko helppoa lähinnä paikallisista sahoilta, joka on merkittävä etu sitä käytettäessä.

2.2.5 SAMMAL

Sammalet (*Bryobionta*) (Kuva 17) ovat kasvikunnan toinen alakunta putkilokasvien ohella.

Sammalet ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja pienikokoisia (yleensä 1-10 cm) itiökasveja, joilla on hyvin pienet lehdet tai ei varsinaisia lehtiä lainkaan. Niillä ei ole juuria eikä johtojänteitä, vaan ne ottavat tarvitsemansa veden ja ravinteet suoraan ulkopintansa läpi.

Sammalta on käytetty savikomposiittina lähinnä tätekuituna. Siis käytön tarkoitus on ollut siinä, että saadaan seinän sisään ilmataskuja, jotka parantavat seinän eristyskykyä.

Sammal savikomposiittina vaatii aina samalla seinärakenteeseen jotakin muuta kuitua, jolla saadaan lujuutta rakenteeseen. Yhdistelemällä sammalta muiden komposiittien kanssa saadaan sammaleen ominaisuudet hyödynnettyä parhaiten. (10)



Kuva 17 Sammal

2.2.6 VAIVAISKOIVU



Kuva 18 Vaivaiskoivun kasvustoja

Vaivaiskoivu (*Betula nana*) (Kuva 18) on koivukasveihin (*Betulaceae*) kuuluva kasvi. Se on paljon muita koivuja pienempi, mistä sen nimikin johtuu.

Vaivaiskoivu on esiintymiseltään maailman pohjoisin koivulaji. Alalaji *Betula nana* subsp. *nana* kasvaa lähinnä Pohjois-Euroopassa ja Venäjällä Jeniseille saakka, sekä muun muassa Grönlannissa ja Huippuvuorilla.

Alalaji *Betula nana* subsp. *exilis* kasvaa Yhdysvaltojen pohjoisosissa ja Koillis-Aasiassa^[1]. Eteläisimmät esiintymisalueet ovat vuoristoissa muun muassa Skotlannissa ja Alpeilla. Suomessa se kasvaa koko maassa, pohjoisessa soilla ja metsissä, etelässä vain soilla.

Vaivaiskoivu ei kasva metriä korkeammaksi, ja tavallisesti se on kooltaan varpu, suopursun kokoluokkaa, tai pieni pensas. Lehdet ovat pienet ja pyöreät, nyhälaitaiset.

Vaivaiskoivu voi risteytyä sekä hies- että rauduskoivun kanssa. Tunturikoivun perimässä saattaa olla vaivaiskoivua, vaikka se katsotaankin hieskoivun alalajiksi. Risteymät tuottavat huonosti jälkeläisiä.

Vaivaiskoivua on käytetty savikomposiittina siitä syystä, että se oli tunnettu kuitu. Lähinnä sitä on käytetty luutien valmistukseen.

Vaivaiskoivun ominaisuudet ovat joiltain osin erilaiset kuin tavallisen koivun. Sen varren sitkeys on parempi kuin koivun yleensä ja sen sivuversojen jakautuminen on tiheämpi kuin koivun oksien yleensä. (10)

2.2.7 SUOPURSUN VARSI



Kuva 19 Suopursun varsia

Suopursu (*Rhododendron tomentosum*, aiemmin *Ledum palustre*) (Kuva 19) on 30-100 cm korkeaksi kasvava pensasmainen varpu, jonka 1-5 cm pitkät ikivihreät lehdet ovat nahkeat ja alta ruskeakarvaiset. Se kasvaa nimensä mukaisesti yleensä soilla, mutta onpa sitä tavattu tundrallakin.

Suopursulla on voimakas tuoksu, joka houkuttelee mehiläisiä. Suopursun tuoksu johtuu eteerisistä öljyistä kuten ledoli, palustroli ja myrseeni.

Suopursu sisältää lisäksi flavonoideja kuten kversetiiniä ja sen johdannaisia kvesitriiniä ja hydrosidia sekä fenoliglykosideihin kuuluvia arbutiinia ($C_{12}H_{16}O_7$) ja metyyliarbutiinia.

Suopursun vartta on käytetty savikomposiittina lähinnä vaivaiskoivun varsien mukana samassa seinärakenteessa.

Keräyspaikat ovat molemmille samat eli ne kasvavat suolla.

Suopursun varren rakenne on kova, mutta toisaalta ei niin sitkeä kuin vaivaiskoivu. (10)

2.2.8 OSMANKÄÄMIN VARSİ



Kuva 20 Osmankäämin varsi

Osmankäämin vartta (Kuva 20) voi käyttää savikomposiittina.

Se muodostaa ilmataskuja seinärakenteen sisään ja näin parantaa seinän eristyskykyä.

Osmankäämin varsi on lujuudeltaan heikohko, mutta käytettynä muiden savikomposiittien kanssa yhdessä sen ominaisuudet tulevat hyödynnettyä sopivalla tavalla. (10)

2.2.9 KAISLA

Kaisla on hyvin soveltuva savikomposiitti. Se on huokoinen materiaali, jolloin rakenteeseen jää ilmataskuja ja seinärakenteen eristyskyky paranee.

Kaislaa on saatavissa melko hyvin ja järviolueilla kasvavat järvikaisla ja sinikaisla sopivat tarkoitukseen hyvin.

Kaisla on vesikasvina kuivattava hyvin ennen käyttöä, tällöin tuotteen homehtumista ei tapahdu. Seinärakenteen sisällä ei ole homehtumisvaaraa, sillä saven loppukosteus on alhainen. (10)



Kuva 21 Kaislan kasvustoja

2.2.10 JÄRVIRUOKO



Kuva 22 Järviruokon varsia

Järviruoko eli ryti (*Phragmites australis*) (Kuva 22)on rannoilla kasvava monivuotinen ruohokasvi, jonka käyttö on hyvin monimuotoista.

Järviruoko on ainoa Suomessa kasvava ruokolaji. Varsi on pysty ja tavallisesti 1–3 m korkea, hyvin ravinteisissa paikoissa jopa 4 m. Lämpimillä seuduilla se voi kasvaa 7 m korkeaksi. Lehdet ovat pitkiä ja 1–2 cm leveitä, vihreitä ja terävälaitaisia. Röyhy on tuuhea, miehen kämmenen kokoinen. Juurakko on haarova ja pitkä. Järviruoko lisääntyy sekä siemenistä että kasvullisesti juurakosta.

Järviruoko soveltuu hyvin savikomposiitiksi, sillä sen ominaisuudet ovat siihen käyttötarkoitukseen sopivat. Sen huokoisuus jättää rakenteeseen ilmataskuja, jolloin rakenteen eristyskyky paranee.

(10)

2.3 MAATALOUSKUIDUT

2.3.1 HEINÄ

Heinäkasvit (*Poaceae*, aikaisemmin myös *Graminaceae*) on yksisirkkaisten luokkaan kuuluva kasviheimo. Heimoon kuuluu noin 600 sukua ja 10 000 lajia.

Arviolta 20 % maapallon kasvillisuuspinnasta on heinien peittämää. Heinäkasvit on taloudellisesti tärkein kasviheimo.

Heinillä on ontto korsivarsi. Varressa on solmumaisia nivelkohtia, joista tapahtuu suurimmaksi osaksi pituuskasvu. Korsi voi olla suureksi osaksi puutunut tai kokonaan puutunut (kuten bambuilla).

Heinät ovat osin soveltuva sidoskuitu rakentamisessa. Sen rakenne on samalla tavalla korsimainen kuin oljella, mutta sen korsi ei tee niin suurta ilmataskua rakenteeseen kuin olki.

Heinän eristyskyky rakenteen komposiittina on kuitenkin lähes oljen veroinen.

Heinälle on kuitenkin merkittävämpi käyttö karjan rehuna kuin rakentamisessa, jolloin sen osuus savitalokomposiittinakin on ollut pienempi. (10)



Kuva 23 Heinän varsi ja muut kasvin osat

2.3.2 RUOKOHELPI

Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) (Kuva 24) on monivuotinen, luonnonvarainen heinäkasvi, jonka viljely onnistuu pelloilla tai turvetuotannosta poistuneilla suopohjilla.

Ruokohelven luontaisia kasvupaikkoja ovat meren, järvien ja jokien rannat, ojat ja tienpientareet. Kasvit voivat kasvaa luonnontilassa 1,5–2 metrin korkuisiksi, viljeltynä kasvin korkeus voi olla jopa 3–4 metriä. Sillä on kiemurteleva maavarsi jonka avulla kasvi leviää tuuheiksi kasvustoiksi.

Harmaanvihreät lehdet ovat leveät, litteät ja muistuttavat muodoltaan veitsen terää. Röyhy on varsin tiheä, ja kukinnot kurottuvat sivuille pikkuvarsien päähän.

Ruokohelpi kasvaa ympäri pohjoista pallonpuoliskoa alueella, joka ulottuu pohjoisessa noin Oulun korkeudelle, etelässä Ranskaan ja Sveitsiin. Suomessa sitä tavataan kaikkialla pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta.

Ruokohelven käyttö savikomposiittina on satunnaista ja sen merkitys ei ole kovin merkittävä rakentamisessa. (10)



Kuva 24 Ruokohelpin varsia

2.4. SAVIKOMPOSIITTIIN PERUSTUVAT RAKENTAMISMENETELMÄT

Menetelmät kehittyivät ja laitteiden ja työkalujen käyttö savikomposiittirakentamisessa lisääntyvät, kun oli tarpeen rakentaa nopeammin kuin pelkästään käsityökaluilla.

Menetelmä, jossa rakennus rakennetaan valmiiksi rakentamispaikalle eli rakennuksen seinät valetaan tai muurataan kevyellä kehikolla tukien ja pinnoitetaan savi-komposiittimassalla. Rakenteeseen voi käyttää sidosmateriaalina puuta joka pitää seinät ryhdissä. Puu ei kuitenkaan ala kovin helposti lahoamaan saviseinän sisällä, sillä ympärille tuleva savi antaa sille suojan ilmastonvaihteluita ja kosteutta vastaan. Tällöin puhutaan menetelmästä, joka tunnetaan pölkkysavimuurauksena. Samalla rakenteeseen tehdään tarvittavat aukot ja läpivientireiät. Ovi- ja ikkuna-aukkojen päälle saadaan kantava rakenne muuraamalla tähän kaaren muotoinen tuki tiilistä tai kivistä joka kantaa yläpuolisen rakenteen painon. Seinien viimeistely vaatii usein sisäseinien rappauksen ja tasoittamisen sekä myöhemmin rakenteen kuivuttua maalauksen kyseiseen kohteeseen sopivalla maalilla. Savirakennukset suojataan joko kalkkimaalilla tai ulkoverhouksella, joka voi olla ilmastoon sopivaa materiaalia.

Savikomposiittimassasta voidaan valmistaa seinäelementtejä, lähinnä tarkoitetaan suuria tiilen muotoisia kappaleita. Nämä elementit valmistetaan lähellä rakennuksen rakentamispaikkaa ja esikuivataan, jotta elementin rakenteesta tulee riittävän luja. Kun elementit ovat valmiit aloitetaan seinien muuraus ja seinän tiivistys tehdään samalla. Tässä menetelmässä on hyvä rapata seinät molemmin puolin, jotta seinän tiivistys tulisi riittävän hyväksi.

Uudempi tekniikka on kevytsavirakentaminen, jossa kantavana rakenteena on puurunko. Savettu olkimassa toimii seinän täytteenä ja eristeenä. Savitaloa rakennettaessa on tärkeätä huolehtia rakenteiden hyvästä tuuletuksesta, millä varmistetaan hyvä lopputulos. Kuitenkaan kuivatusta ei suositella tehtäväksi lisäenergiaa käyttäen. Kuivatus tulisi hoitaa luonnollista tuuletusta käyttäen. Kuivatusaika on näin pidempi, mutta kuivatuksen lopputulos ja tasaisuus koko rakenteessa on hyvä ja talon ominaisuudet tulevat olemaan laadultaan paremmat koko rakennuksen elinkaaren ajan.

3. OSMANKÄÄMIN PROSESSOINTI

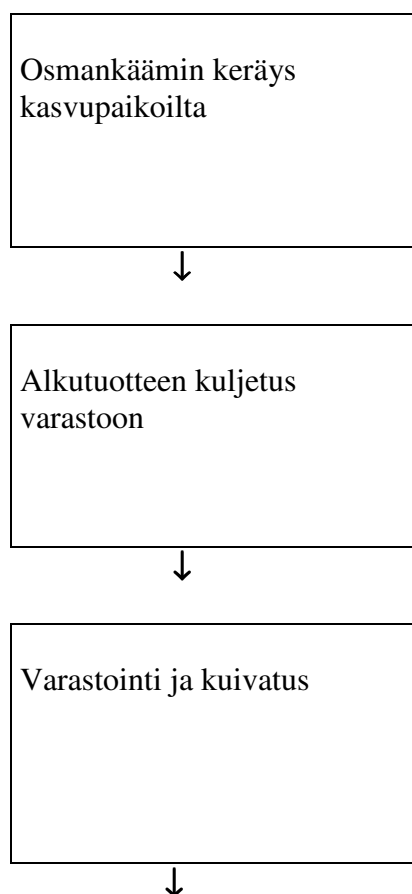
Prosessi käsittää koko ketjun kasvupaikoilta valmiiksi tuotteeksi asti. Teknisesti tärkein alue on kuidun prosessointi tehtaalla ja siinä saavutettava lopputulos. Vähäisemmälle huomiolle ei voi myöskään jättää hyvän varastointitilan rakentamista. Alkutuotteet ovat varastoituna pitkähkön aikaa ja niiden säilyvyys ja samalla lopputuotteen puhtaus on kokonaisuudessaan tärkeä. Etenkin kosteuden hallinta ja nopea kosteuden poisto alkutuotteesta ja riittävä ilmastointi on järjestettävä niin, että homehtumisvaaraa ei ole.

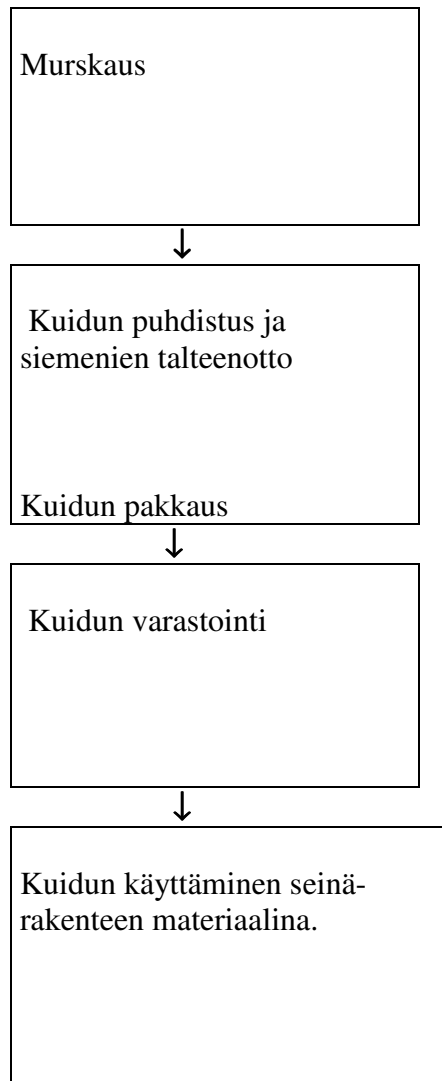
Lyhyesti kuvattuna prosessi tehtaalla sisältää vaiheet:

Alkutuotteen varastointi ; murskauslaite irrottamaan kukinnot kasvin varresta ; puhdistuslaite poistamaan ja keräämään syntyvät roskat ja tuotteeseen kuulumattomat partikkelit ; siemenien talteenottolaite ; pakkauslaite ja valmiin tuotteen varasto.

3.1 PROSESSIN VAIHEET KAAVIONA

Kaavio 1





3.2 PROSESSIN VAIHEET

Komposiitin valmistusprosessi kuvattuna alkutuotteen keräyksestä valmiiksi tuotteeksi. Lisäksi on esitelty lisätoiminnot teollisen tuotannon varmistamiseksi.

- A. Osmankäämin kukintojen kerääminen kasvupaikoilta
- B. Osmankäämin kukintojen kuljetus tuotantolaitokselle
- C. Pakkauksien purku tuotantolaitoksella
- D. Alkutuotteen varastointi ja kuivatus
- E. Osmankäämin kukintojen murskaus
- F. Syntyvien roskien poisto
- G. Siemenien talteenotto
- H. Pneumaattinen kuljetus
- I. Pakkaus varastosäkkeihin
- J. Varastointi
- K. Kuljetus jalostustehtaalte
- L. Kuidun ilmastus / sekoitus
- M. Kuidun kostutus
- N. Hiekka , savi ja kuitu sekoitetaan
- O. Tuotteen pakkaus
- P. Tuotteen varastointi
- Q. Tuotteen kuljetus käyttökohteeseen
- R. Tuotteen käyttöönotto, veden lisäys ja sekoitus
- S. Tuotteen käyttö
- T. Tuotteen viimeistely

Lisätoiminnot toiminnan ja tuotannon varmistamiseen:

- A. Siemenien varastointi
- B. Siemenien kylvö sopiville kasvupaikoille

A. Osmankäämin kukintojen kerääminen kasvupaikoilta

Osmankäämin kukinnot kerätään kasvupaikoilta helmi- maaliskuussa, jolloin syksyn ja talven aikana emikukinnot ovat kuivuneet ja kiinteytyneet. Sadon kerääminen tehdään käsityönä, johtuen siitä, että keräämiseen soveltuvaan laitetta ei ole markkinoilla. Samalla kun kerääminen tehdään, voidaan tuote tarkastaa. Homehtuneet ja jollakin muulla tavalla vaurioituneet kukinnot voidaan jättää poimimatta. Kannattaa kiinnittää huomiota myös keräysvälineisiin. Kevyt puutarhaleikkuri on kätevä leikattaessa kasvin varsi poikki. Keräysastiana voi käyttää koria tai harvasta kankaasta tehtyä pussia. Tämä sen vuoksi, että suljetussa muovipussissa tuote homehtuu helposti ja nopeasti. Varsinkin säilytystä muovipussissa pitää välttää. Keräämisen tuottavuutta voidaan parantaa järjestelmällisellä keruulla. Kun määrät nousevat riittävän suuriksi on harkittava koneelliseen keräämiseen siirtymistä.

B. Osmankäämin kukintojen kuljetus tuotantolaitokselle

Kukinnot kuljetetaan pakattuna säkkeihin tai em. keräyspusseihin. Kuljetuksen aikana tulisi välttää tuotteen jättämistä sateeseen, koska läpikostunut kukinto on helposti homehtuva ja sen kuivaus vaatii pidemmän ajan lisäenergiaa. Kuljetusmäärä tulisi olla sopivan suuri, jotta kuljetuskustannuksen eivät nousisi yksikköä kohti kohtuuttoman suuriksi. Myös kuljetusmatka tulisi optimoida kuljetusmatkan ja kuljetettavan määrän suhteessa. Yleensä ottaen kuljetusmatka ei saisi olla liian pitkä kuljetuskustannusten pitämiseksi riittävän alhaisena.

Tuotekuorman tultua tehtaalte on se melko pian varastoitava ja kuorman jättämistä pitkäksi aikaa ulos on vältettävä. Tämä siitä syystä, että vältetään raaka-aineen lisä- kustuminen, joka johtaa homeen kasvuun ja siitä syystä raaka-aine ei kelpaa enää käyttötarkoitukseensa.

C. Pakkauksien purku tuotantolaitoksella

Pakkaukset puretaan tehtaalte ja tuotteet siirretään varastohuoneeseen. Tuotteen jättämistä keräyspusseihin tulee välttää, koska silloin kuivausprosessi ei lähde käyntiin heti ja tuote saattaa homehtua. Tässä vaiheessa voi vielä poistaa tuote erästä esim. siihen keräyspaikoilla jääneet homehtuneet kukinnot. Tällöin varmistetaan lopputuotteen laatu tällä edeltävällä toimenpiteellä. Raaka-aine on tarkkaa käsittelyä vaativa, sillä kaikenlaisen vieraan materiaalin joutuminen vähentää raaka-aineen käytettävyyttä prosessissa. Tavoitteena on puhdas ja tasalaatuinen materiaali loppukäyttäjälle.

D. Alkutuotteen varastointi ja kuivatus

Varastointitila tulee olla hyvin ilmastoitu. Tilassa tulee ilma kiertää koko ajan. Tarvittaessa on tilaan puhallettavaa ilmaa lämmitettävä, mutta liiallista lämmitystä tulee välttää.

Kuivattaessa on pidettävä huolta, että ilmastointi on kytkettynä koko ajan. Kuivaus kestää noin 1 - 1,5 kk, riippuen kuivauksen tehokkuudesta. Kun kuivattava määrä on suuri eli noin 100 tn on tuotteet varastoiva niin, että ilmankierto on varmistettu koko varaston tilaan. Varaston pohjalla tulee olla ilmakierron varmistamiseksi avoin tila, josta ilman pääsy on varmistettu koko varaston pohja pinta-alalle. Varastotilaan on integroitu jo irronneiden kuitujen talteen saamiseen imuri, jolla saadaan kuidut syötettyä suoraan käsittelylinjan yksikköön.

E. Osmankäämin kukintojen murskaus

Varastoinnin jälkeen kukinnot nostetaan varastosta syöttösuppiloön. Suppilosta ne johdetaan lokerosyöttimen avulla murskauslaitteeseen. Siinä moniportainen mekaaninen murskauslaite, jolla varmistetaan kuitujen irtoaminen kasvin varresta. Kuivuneet kukinnot ovat helposti hajoavia, mutta iso määrä sisältää kuidun lisäksi roskia ja kasvin lehtiä sekä kukinnon varren. Nämä kaikki tulee saada irtoamaan kuitukimpuista ja erottaa eri kanavaan. Samassa vaiheessa johdetaan jo aikaisemmin irronneet kuidut suoraan seuraavaan vaiheeseen. Murskauslaitteesta irronneet kuidut johdetaan edelleen pneumaattisesti seuraavaan vaiheeseen.

F. Syntyvien roskien poisto

Murskauslaitteen alapuolella toimii roskien poisto. Se on painovoimainen suljettu säiliö, joka tyhjennetään tarvittaessa prosessin kuluessa. Roskia ovat kasvin varsi osa ja mahdolliset lehdet sekä muut poikkeavat kasvin osat, jotka ei kulkeudu pneumaattisesti seuraavaan vaiheeseen. Roskien määrä vaihtelee, mutta keskimäärin se on noin 5 - 7 % painosta. Roskia voidaan hyödyntää edelleen muissa seinärakenteissa esim. saven sidoskuituna. Kuitujen mukana voi keräyksessä muitakin vieraita aineita, jota on hyvä poistaa kuidun joukosta kuidun puhtauden varmistamiseksi.

G. Siemenien talteenotto

Siemenien talteenotto tapahtuu pyörrekammiossa, jossa keskipakovoima kuljettaa siemenet pyöreän kammion ulkokehälle, josta ne laskeutuvat siemenien keräyssäiliöön.

Keräyssäiliön tyhjennys tapahtuu tarvittaessa, sillä siemenen koko on suhteellisen pieni. Siemenet varastoidaan kuivaan ja vakiolämpöiseen tilaan Kuidut pysyvät erillään siemenistä ja jatkavat suoraan eteenpäin linjalla. Siemenien määrä kokonaispainosta on pieni, mutta ne kannattaa ottaa eri säiliöön, kun siihen on tässä prosessissa mahdollisuus.

H. Pneumaattinen kuljetus

Kuitujen liike tapahtuu pneumaattisesti koko prosessin aikana. On tärkeää saada kuitujen liike soveltuvaksi kyseiseen tarpeeseen. Koko linjan tulee tyhjentyä kun prosessi päättyy. Myöskään prosessin kuluessa ei tukkeutumista tulisi tapahtua. Linjan kanavissa ei saa olla kohtia, jossa on vaara, että virtaus selvästi pysähtyy. Kanavissa ei myöskään saa olla epämääräisiä onkaloita tai muitakaan virtausta haittaavia rakenteita. Rakenteen hyvällä suunnittelulla varmistetaan prosessin toimivuus ja käyttövarmuus selvästi paranee. Laitteessa on myös prosessin tarkkailuun toimintoja ja säädettävyyttä moottorikäyttöissä sekä pneumaattisessa järjestelmässä.

I. Pakkaus varastosäkkeihin

Prosessin päättyessä on kuitu siinä muodossa, että se on pakkausvalmis. Kuitulinjaan integroituna on säkityslaitte. Siinä linjaston pneumaattinen virtaus pienenee ja kuitu poistuu mekaanisen ja painovoimaisen säkityslaitteen avulla säkkeihin. Säkityslaitteessa on punnitus, jolla saadaan jokaiseen säkkiin sama annos kuitua. Tarkoitukseen sopiva pakkaus on suuri suljettava kuljetukseen sopiva säkki, jonka tilavuus on 1 m³. Pakkaukseen laitettava painomäärä vastaa 1,5 m³ eli kuitua tiivistetään sopivasti varastointia sekä kuljetusta varten ja erä kuitua painaa 150 kg. Normaalitilassa kuitu painaa noin 100 kg/m³.

J. Varastointi

Kuitusäkit on varastoitava kuivassa ja siten ilmastoidussa varastossa. Kuitu on kuivaa säkitettäessä ja se ei saa absorboida kosteutta säkin lävitse. Säkkejä ei myöskään saa varastoida liian tiukkaa toisiaan vasten vaan niiden väillä on oltava ilmarako, jotta niiden sisältämässä kuidun kosteus tasapainossa ei tapahdu muutoksia. Kuidun normaalia varastointiaikaa ei ole rajattu, mutta käytännössä poimintakauden sato tulee käytetyksi jalostusvuoden vuoden loppuun mennessä.

Hyvä varastointi takaa kuidulle pitkän säilyvyyden ja käyttöikä pitenee.

K. Kuljetus jalostustehtaalle

Kuljetus jalostustehtaalle tapahtuu tarvittaessa kuorma-autolla tai yhdistelmä ajoneuvolla. Kuljetuksen aikainen pakkaussäkkien välit voi olla tiivistetty ja niitä voi pakata myös toistensa päälle. Kun kuljetus saapuu jalostustehtaalle on säkit jälleen pinottava niin kuin ne olivat varastotilassa. Välivaraston olosuhteet tulisi olla hyvin lähellä var-sinaista varastotilaa, vaikkakin varastomisaika on edellistä lyhyempi. Jos kuitu käytetään välittömästi tarvitsee huolehtia siitä, että kuidun varastointi tila on riittävän kuiva. Normaali kuiva teollisuustila on riittävä varastotila välivarastointiin.

L. Kuidun ilmastus / sekoitus

Kuitu saatetaan normaalitilaan käyttö- ja sekoitussäiliöissä. Menetelmässä erä kuitua noin 2 - 2,5 m³ kaadetaan säiliöön, jossa on suljettava tiivistetty kansi. Säiliössä kuitu saatetaan liikkeeseen ja samalla säiliöön johdetaan paineilmaa, jolloin kuitu tulee irtomaiseksi. Sen jälkeen kuitu kulkee pneumaattisesti sirotteluasemalle, jossa kuitu laskeutuu alaspäin. Sirotteluaseman alaosaan kuitu saatetaan paineettomaan tilaan. Kun kuitu valuu painovoimaisesti alaspäin, se johdetaan mekaanisesti vapaaseen ilma-tilaan ja kuitu putoaa alaspäin sekoitusasemaan.

M. Kuidun kostutus

Kuitu tulee saada tilaan, jossa sen jakautuminen hiekka ja saviseokseen on tasainen. Tämä mahdollistuu siten, että kuitua kostutetaan ennen kuin se saavuttaa seoksen pinnan. Hienojakoinen sumu tarttuu kuitupartikkelin pintaa ja tekee siitä painavamman kuin kuiva kuitu. Tällä varmistamme tasaisen sekoituksen valmiiseen seokseen. Jos pudotamme kuidun kuivana niin se paakkuuntuu ja siroittelusta ei tule tasan jakautunut seoksessa. On huomattava se, että kuitu on hyvin herkkäliikkeistä kuivana ja muodostaa nopeasti paakkuuntumia, eikä sitä voida sekoittaa tasaisesti hiekan ja saven sekoitukseen. Kuidun kostutus tulee olla riittävä, jolla varmistamme kuidun jakautumisen tasaisesti seokseen. Näin varmistamme valmistuvan seinärakenteen kestävyys ja kiinni pysyvyyden alusrakenteissa.

N. Hiekka , savi ja kuitu sekoitetaan

Sekoittimessa, jossa sekoitus tapahtuu on jo ennalta sekoitettuna hiekkaa ja savea ja seos on liikkeessä koko ajan. Tähän liikkeessä olevaan seokseen kostutettu kuitu lisätään sopivalla nopeudella, jolloin se sekoittuu tasaisesti. Kun seos on hyvin sekoittunut on se valmis pakattavaksi. Lisättävän kosteuden määrä on kuitenkin niin alhainen seoksen koko tilavuuteen verrattuna, että seos ei käytännössä ole kostea, joten sen tilan on sopiva pakattavaksi.

O. Tuotteen pakkaus

Valmis tuote eli seos pakataan säkkeihin. Säkkien koko vaihtelee kulloisenkin tarpeen mukaan. Yleisin koko on usean sadan kilon painoiset suursäkit, jolloin pakkaus-kustannukset jäävät kohtuulliselle tasolle. Tuote voidaan myös pakata suoraan pienempiin säkkeihin ja tuote sopii silloin vähittäismyyntiin. Käyttäjät ovat menetelmän yleistyessä suurelta osin yrityksiä, jolloin suurempi pakkauskoko tulee olemaan yleisempi käyttömäärän ollessa suuri yhtä kohdetta kohti.

P. Tuotteen varastointi

Tuote tulee varastoida suhteellisen kuivassa tilassa ja kosteuden määrä tulee olla melko alhainen varastotilassa. Tuote säilyy säkitettynä pitkään, mutta käytännössä varasto tulee käytettyä, ennen kuin seuraavan satokauden tuotesäkit ovat tulleet varastoon. Tuotteen säilytys pidempään ei kuitenkaan huononna tuotteen ominaisuuksia, mutta siitä huolimatta on kiinnitettävä huomiota varastoimisolosuhteisiin.

Q. Tuotteen kuljetus käyttökohteeseen

Kuljetus jalostustehtaalle tapahtuu tarvittaessa kuorma-autolla tai muulla sopivalla ajoneuvolla. Kuljetusmatka ei saisi olla kovin pitkä, jotta kuljetuskulut pysyisivät kohtuullisella tasolla. Kuljetusmatkan pidentyessä on kuljetettavaa määrää suurennettava, että kuljetuskustannukset kuljetettua yksikköä kohti ei muodostu kokonaiskustannuksissa merkittäväksi. Jos käytetään jotakin tukkukaupan porrasta jakelukanavana, saadaan kuljetuskustannuksia alennettua.

R. Tuotteen käyttöönotto, veden lisäys ja sekoitus

Tuotteen käyttöönotto tapahtuu sopivan sekoituksen tekemisellä, jossa kuivaan seokseen lisätään vettä. Seosta sekoitetaan niin, että seoksesta tulee homogeeninen ja tasaisesti liikkuva massa.

Riippuen siitä millä menetelmällä massan seinän pinnoitus tapahtuu vaikuttaa massan sakeusasteeseen. Rappauksessa massa saa olla hieman sakeampaa, kuin massaruiskutuksella, sillä massaruiskutuksella saadaan painevaikutus, joka parantaa massan kiinnittyvyyttä seinään. Sekoituksen jälkeen massa saa olla lyhyen aikaa liikkumattomassa tilassa, jotta massan partikkelit tasautuvat massa sisällä.

S. Tuotteen käyttö

Seinän pinnoitus tapahtuu ruiskuttamalla massaruiskulla tai toinen menetelmä on perinteinen rappaus. Massaruiskutuksella saadaan isompi pinta-ala käsiteltyä kuin rappamalla, mutta siihen tarvitaan erityiset välineet. Massan tasoitus tapahtuu välittömästi pinnoituksen jälkeen. Tasaisen pinnan saamiseksi tulee pinnoitus tehdä kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään täyttöpinnoitus. Toisessa vaiheessa tehdään tasoituspinnoitus.

On myös mahdollista tehdä pinnoituksen ensimmäinen vaihe valamalla, mutta siihen tarvitaan muotti tai vastaava pinnoitteen pinnan riittävän tasaiseksi saamista varten. Muotin käyttäminen tekee seinärakenteesta kustannuksiltaan korkeamman kuin edellisiä menetelmiä käyttäen.

T. Tuotteen viimeistely

Tuotetta voi viimeistellä siten, että sen luontaista väriä voi muuttaa. Menetelmä on käyttää jotakin luonnosta saatavaa väriainetta, sillä synteettisesti valmistettua väriainetta ei voi käyttää, jos aikoo säilyttää sen periaatteen, että kaikki raaka-aineet tulevat luonnosta.

Kyseisellä pinnoitteella saadaan myös tuotteen pinta vettä hylkiväksi, jolloin sitä voidaan käyttää myös ulkoseinien pinnoittamiseen.

3.2.1 Lisätoiminnot toiminnan ja tuotannon varmistamiseen

A. Siemenien varastointi

Siemenet varastoidaan tulevaa käyttöä varten kuivassa ja pimeässä huoneessa. Tila tulisi olla myös hyvin ilmastoitu, jotta siemenien säilyminen olisi varmennettu.

Varastointisaikaa ei ole rajattu, mutta siemenien kylvöä ei kannata lykätä, sillä sopivia kasvupaikkoja on löydettävissä yleensä lähiseudulta.

B. Siemenien kylvö sopiville kasvupaikoille

Siemenet kylvetään sopiville kasvupaikoille alkukevällä tai alkukesästä. Sopivia kasvupaikkoja ovat lähes virtaamattomat tai hitaasti virtaavat poukamat tai lammet sekä riittävät vesipitoiset kosteikot. Vaatimuksena on riittävä ravinnekuorma, sillä osmankäämi hyödyntää luonnossa olevaa tyypeä hyvin tehokkaasti. Osmankäämi poistaa maaperästä ja vesistöistä muitakin ravinteita ja näin puhdistaa vesistöjä.

Jos kasvatustoimintaa halutaan laajentaa on siemenien käyttö kasvatukseen suositeltavaa, sillä luontaisesti saatavat uudet kasvustot ovat hyvin sattumanvaraisia ja kasvustot määrältään pienehköjä.

3.3 PROSESSIN TUTKIMUS

3.3.1 Prosessin tutkimuksen kuvaus

Tutkimus painottui suurelta osin kyseisen kuidun ominaisuuksien selvittämiseen. Kuitu, jota tässä tutkimuksessa käsitellään on melko harvinainen tutkimuskohde tieteelliseltä kannalta katsoen. Osmankäämin kuidun käyttö on ollut vähäistä ja painottunut lähinnä kotitalous tarpeisiin ja niihin liittyviin käyttökohteisiin. Aikaisempia tutkimuksia on saatavissa kasvitieteellisestä alalta ja niitäkin voidaan hyödyntää tässä tutkimuksessa vain osittain. Tutkimuksessa painottui kokonaisuudessaan laboratoriotyöskentely ja siihen liittyvät koejärjestelyt. Havainnointi siitä millaisia kokeita tarvitaan ja millaisia laitejärjestelyjä ne vaativat oli tutkimuksen yksi tärkeä osuus. Tässä nimenomaan luodaan se perusta, millä saavutetaan laadukasta tietoa ja tarpeeksi selkeitä tutkimustuloksia.

Myöhemmässä tutkimuksen vaiheessa painottui analysointi ja tutkimustulosten muokkaaminen kyseisen prosessin vaatimuksien edellyttämällä tavalla.

Ensimmäiseksi tutkittiin kuidun liikkuvuutta ilmavirtauksessa. Millä ilmamäärällä suhteessa painetasoon saadaan optimaalinen liikkuvuus kuidulle ilmakehässä. Ilman virtausnopeus ei saa olla liian suuri, sillä silloin kuitu ei liiku toivottavalla tavalla, vaan kerääntyy kanavan katvealueille, eikä kulje tasaisesti.

Kanavien muotoilulla oli suuri merkitys toimivan tutkimusjärjestelyn rakentamisessa, sillä käytettävissä oli kyseistä kuitua melko vähän laboratorioissa. Kanavien mittakaavana oli noin 1: 6, jos tarkastellaan kanavien poikkipinta-aloja verrattuna ennakoita hahmoteltavaan toteutettavaan prosessilinjan pilottilaitteistoon. Mittakaava kylläkin vaikutti haittaavasti tutkimustyöhön.

3.3.2 Prosessin tutkimuksen vaiheet

Prosessiin liittyvä tutkimus sisälsi monta vaihetta. Tutkimuksessa oli huomioitava osmankäämin kuidun ominaisuudet ja hallittava ne prosessin edellyttämällä tavalla. Tutkimustyön ensimmäinen vaihe oli selvittää kyseisen kuidun liikkeitä, kun se on pneumaattisessa kuljettimessa. Laboratorioissa rakennettiin erilaisia kanavan osia ja testattiin niitä eri virtausmäärillä ja eri paineilla. Tärkeää oli selvittää mikä on se kuitumäärä, joka liikkuu ilman avulla kanavissa häiriintymättä ja virtaus etenee lähes vakionopeudella. Vaatimus on vaikea toteuttaa, kun laitteen kanavissa on mutkia ja kanavien poikkipinta-alan muoto vaihtuu prosessin aikana, vaikkakin poikkipinta-ala pyritään pitämään samana koko prosessin aikana. Päädyttiin siihen, että on tärkeää löytää laskennallinen suhdeluku, joka täyttää vaatimukset seuraavan kaavan mukaan.

Virtaus poikkipinta-ala * yksittäisten kuitujen määrä

= VAKIO

Virtausnopeus kanavassa

Tällä kaavalla voi todentaa sen, että tärkeää on kuinka paljon kanavassa on kuitua kuljetettavana poikki pinta-ala yksikköä kohti. Sen lisäksi virtausnopeus kanavassa tulee olla riittävän suuri, mutta kuitenkin sopiva. Jos virtausnopeus on liian suuri ei kanavassa ei tapahdu kaikki prosessin vaiheet riittävän pitkällä aikavälillä, jolloin saatavan kuidun laatu vaihtelee. Esimerkiksi kuidun roskaisuus lisääntyy, kun kuidun virtausnopeutta nostetaan suhteettoman suureksi. Jos sen sijaan virtausnopeus on liian alhainen, niin on vaara, että kanavat tukkeutuu, eikä myöskään prosessi toimi oletetulla tavalla. Siementen erottamisvaihe on kaikkein tarkin, sillä vain oikea nopeus yhdistettynä oikeaan täyttöasteeseen takaa riittävän tarkan siementen erottumisen kuidusta.

Tutkimuksen seuraava vaihe oli havainnoida millainen kanava on soveltuva kyseisen kuidun prosessointiin. Osmankäämin kukinnosta saatava kuitu on erittäin herkästi liikkuvaa. Tämä ja kuidun keveys tuovat tutkimukseen aivan uuden näkökohdan. On hallittava ilman virtaus ja samalla varmistettava kuitulinjan toimivuus. Tarvitaan hyvin pienin ilmavirtaus, että kuitu saadaan liikkeelle kanavassa, mutta virtauksen hallinta on koko prosessin keston aikana on jo haasteellisempi tehtävä.

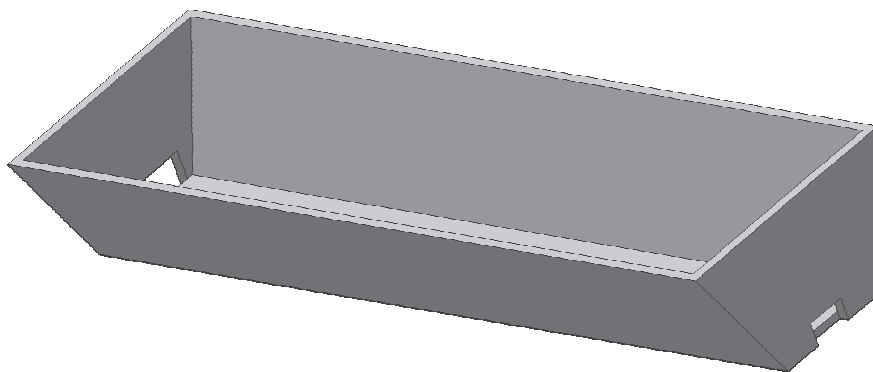
Kuitenkin kanavassa voi esiintyä kulmia ja taitekohtia, joissa virtaus on lineaarisen sijasta turbulentti. Esiintyvät pyörteet aiheuttaa sen, että kuitua kasaantuu katvealueille ja kaikki kuitu ei kulje kanavan lävitse tai sen nopeus kanavassa hidastuu. Kanavan läpäisykyky tulee kuitenkin olla hyvä. Linja on suunniteltava siten, että kanavan osat liittyvät toisiinsa jättämättä liian suuria kulmia tai kapeita osuuksia. Kanavan virtaus pinta-ala tulee laskennallisesti olla riittävän suuri, mutta sallituissa rajoissa. On huomioitava että, murskauslaitteen poikkipinta-ala voi olla suurempi kuin varsinaisen kanavan, sillä siinä murskattavat osmankäämi kasvin kukinnot putoavat alaspäin painovoiman vaikutuksesta. Tällöin kuidun hallinta on sitä, että varmistetaan kuidun irtoaminen varresta ja se, että roskat poistuvat irronneiden kuitujen joukosta.

Roskat saadaan helpommin poistumaan prosessista siten, että roskat putoavat painovoimaisesti murskauslaitteen alapuolella olevaan roskasäiliöön. Kun seuraavassa vaiheessa kuitu liikkuu ilmavirtauksen mukana on pinta-alaa pienennettävä sopivalla suhteella. Sopivana suhteena on pidettävä sitä, että lähtevän kanavan pinta-ala on noin yksi kymmenesosa murskauslaitteen poikkipinta-alasta. Tämä on kuitenkin ohjeellinen, sillä se riippuu millainen on kanavan geometria ja syntyvä painehäviö, minkä prosessilinja aiheuttaa. Irronneet kuidut on saatettava riittävän korkeaan nopeuteen, silloin kun ne siirtyvät kokonaan pneumaattiseen kuljetukseen. Tällä varmistetaan se, että kuidut kulkeutuu sopivalla nopeudella prosessin aikana.

Seuraava vaihe on linjan vaativin, sillä siemenien erottaminen kuiduista pneumaattisesti keskipakoisvoimaa apuna käyttäen vaati linjan suunnitteluun tarkkaa laskentaa. Syklonin ulkokehälle liikkuvat pyörteisessä ilmavirtauksessa painavammat partikkelit ja kevyemmät liikkuvat lähempänä syklonin keskiötä. Syklonin alaosassa tulee ilmavirtauksen suunta muuttua alaspäin liikkuvasta ylöspäin liikkuvaksi. Tällöin siemenet putoavat reunoilta alapuolella olevaan säiliöön ja kuidut jatkavat syklonin keskeltä ylöspäin johtavaa putkea pitkin kohti pakkausvaihetta. Tässäkin kohdassa on kiinnitettävä huomioita siihen, että kuidun virtaus ilman mukana on hallittua, sillä virtauksen suunta vaihtuu alaspäin menevästä virtauksesta suoraan ylöspäin meneväksi. Siementen erottumis- tarkkuus tulee olla riittävän hyvä, vaikka joidenkin siementen kulkeutuminen kuidun mukana pakkaukseen ei ole haitallista. Toisaalta taas muutamien kuitupartikkelien joutuminen siementen joukkoon ei ole haitallista, vaikkakaan ei toivottavaa. Nähdäkseni riittävä tarkkuus saavutetaan kyseisellä prosessilla ja siihen suunnitellulla laitteistolla sekä prosessiin liittyvällä automaatiolla ja säätöparametreilla.

3.3.2.1 VARASTOINTI

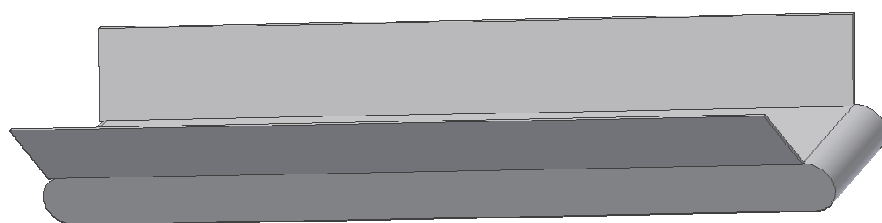
Prosessin alkuosa eli osmankäämin kukintojen varastointi vaatii tarkkuutta prosessilta. Varastointisaika on pitkäkö, sillä kasvupaikoilta kerätyt kukinnot on kuivattava ennen varsinaista käsittelyä. Kukintojen keräysaika on yleisesti pohjoismaissa helmikuu ja maaliskuun ja riippuu talven sääolosuhteista kyseisenä kasvuaikana. Tämä aiheuttaa sen, että kukinnot ovat jossain määrin kosteita ja mahdollisesti pinnaltaan jään ja lumen peittämiä. Kun kukinnot kuljetaan varastointiin on ne ilman pidempää viivettä saatettava hyvin ilmastoituun ja sopivan lämpimään ja kuivaan tilaan. On hyvä jos varasto on sellainen, että ilmankierto on johdettavissa myös alakautta kukintojen lävitse ja ilmaan sitoutunut kosteus on johdettava pois kyseisestä varastotilasta. Jos varastointi olosuhteet ovat epämääräiset niin on vaara, että kukinnot homehtuu ja homeitiöitä pääsee myös prosessissa eteenpäin ja edelleen pakattavaksi kuitujen mukana. Tämä tulee välttää ja ongelma hoidetaan parhaiten, kun varmistetaan hyvät kuivaus olosuhteet ja kukinnot ovat varastossa riittävän ilmastuvarastoituna. Home on haitallinen juuri siitä syystä, että seinäpinnoite, jonka ainesosana kuitu on, tulee käytettäväksi asuntojen ja muiden samantyyppisten tilojen seinärakenteiden osana ja siellä home on terveydelle vaarallinen ja voi aiheuttaa jopa sairastumisia tai allergia oireita. Erityisesti on huomioitava se, että kukinnot ovat kuivia ennen kuin niiden prosessointi aloitetaan. Tämä sen vuoksi, että kuidut irtoavat hyvin ja kulkeutuvat pneumaattisesti ilman virtausta haittaavia tekijöitä koko prosessoinnin vaatiman ajanjakson.



Kuva 25 Varastosuppilo, joka on rakennettu niin, että ilma pääsee kulkemaan suppilon lävitse ja samalla parantaa osmankäämin kukintojen kuivatustulosta.

3.3.2.2 SIIRTO

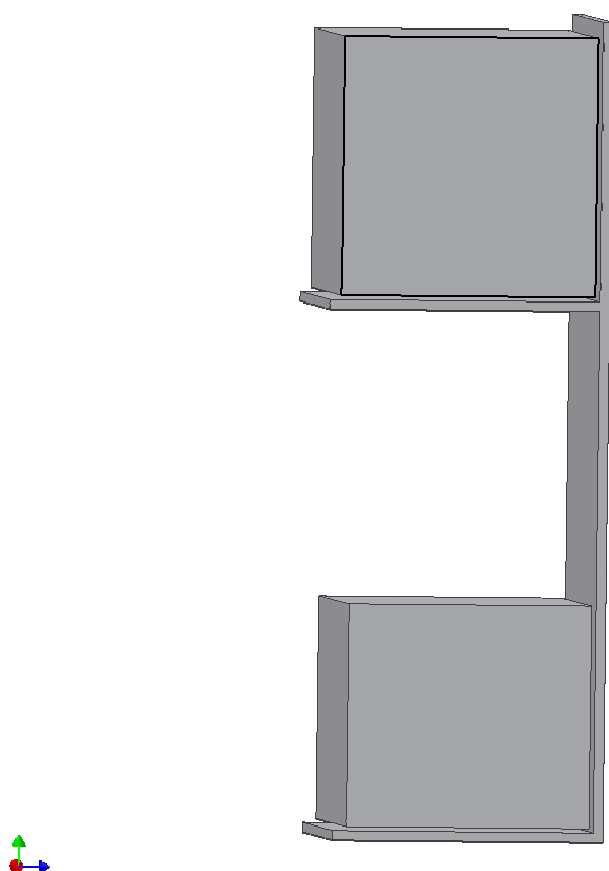
Varastointia seuraava vaihe on kukintojen siirto varastosta prosessin alkupisteeseen. Se tapahtuu kuljettimella tai sitten esimerkiksi nostolaitteella suoraan murskauslaitteelle. Kun siirtolaitteena on kuljetin on kuitujen joutuminen tehdastilaan estettävä. Kuljetin tulee olla tiivistetty niin, että kuitujen kulkeutuminen tehdastilaan on estetty. On vielä parempi ratkaisu saattaa kuljettimen tilaan alipane jolloin kuljettimen lähellä leijuvat kuidut saadaan johdettua suoraan prosessissa eteenpäin. Voidaan ajatella, että järjestelmään kuuluu imuri, joka poistaa irronneet kuidut ja johtaa ne suoraan murskauslaitteelle. On huomioitava, että kuidut ovat hyvin erilaisiin tiloihin levittyviä ja niistä on se haitta, että ne roskaavat ympäristön, sen sijaa terveydellistä haittaa niistä ei ole, mutta on parempi, että myös leijuvat kuidut saadaan hyödynnettyä prosessissa. Kuljettimen siirtonopeus tulee olla säädettävissä, jotta saadaan oikea määrä kukintoja suppiloon aikayksikköä kohti ja prosessi toimii häiriöttä. Kuljetin tulisi olla sellaista tyyppiä, että sen ollessa loivassa kulmassa ylöspäin, kukinnot pysyvät kuljettimella. Kuljettimessa voi olla siirtoelementtinä hihna, jossa on sopivin välimatkan välein kourut, joihin kukinnot asettuu kuljettimen hihnan liikkuesssa.



Kuva 26 Hihnakuuljetin , jossa on siirtoelimiinä hihnaan kiinnitetyt kourulevyt, joiden avulla osmankäämin kukinnot siirtyvät ylempänä olevaan suppiloon.

3.3.2.2.1 NOSTOLAITE SIIRTOLAITTEENA

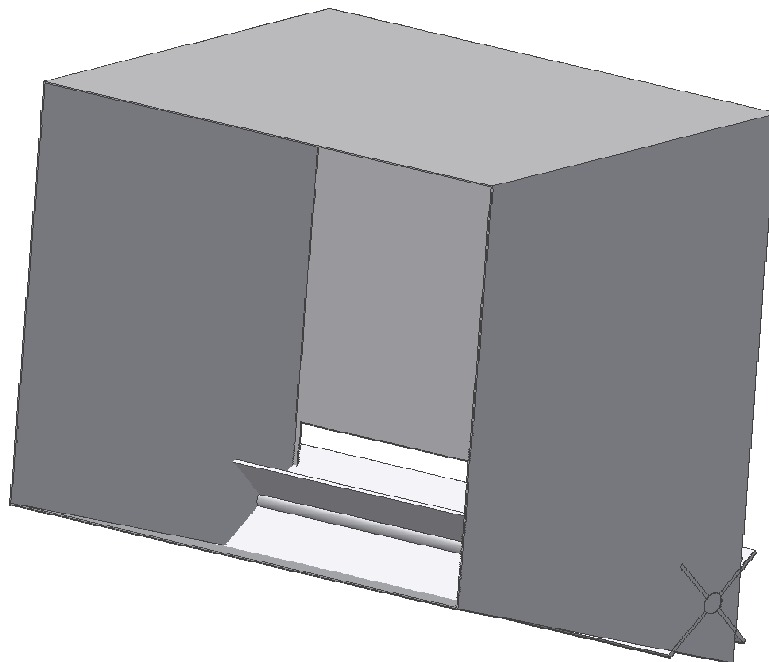
Jos hyödynnetään nostolaitetta niin saadaan yksi kuivatuserä, noin 1 kuutiometri kukintoja nostettua linjan alkupäässä olevalle suppilolle suoraan. Suppilossa on kallistuslaite, jolla laatikon tyhjennys tapahtuu ja suppilon sisällä on esimerkiksi lokerosyötin, joka annostelee kukinnot murskauslaitteelle. Voi käyttää myös muuhun menetelmään perustuvia laitteita annosteluun. Annostelu on tarpeen sen vuoksi, että murskauslaite saa sopivan annoksen kukintoja ja murskauslaite ei tukkeudu. Myös se, että kun annostelu on tasainen niin kuidut irtoavat hyvin ja kuidut sekoittuvat niitä siirtävään ilman joukkoon sopivalla suhteella, on tärkeää koko jalostuslinjan toiminnalle.



Kuva 27 Nostolaite, jolla nostetaan kuivauslaatikko ylös suppiloon. Kun nostolaite on ylhäällä, se kääntyy 90°: ta ja samalla laatikossa oleva kuivatuserä tyhjenee suppiloon.

3.3.2.3 ANNOSTELU

Annostelu voidaan toteuttaa monella menetelmällä. Yksi vaihtoehto on lyhyt jakokuljetin, jolla saadaan kukinnot annosteltua sopiviin, muutaman kukinnon eriin. Jakokuljettimen nopeutta voidaan säätää kulloisenkin tarpeen mukaan, niin saadaan sopiva annostelu murskauslaitteen nopeuteen säädettyinä. Toisena vaihtoehtona linjassa voi olla perinteinen sulkusyötin, jolla saadaan vielä lisäksi alipaineellinen osa linjasta erotettua vapaasta ilmatilasta. Sulkusyöttimen koko tulee kuitenkin olla riittävän suuri, jotta sen tilavuudessa on huomioitu riittävän suuri reservitilavuus, jottei sulkusyötin tukkeudu niin helposti kuin alimitoitetulla laitteella tapahtuu. Aikaisemmin mainitussa lokerosyöttimessä on säteittäisesti putken ulkokehälle asetetut jäykät harjakset, jako 90 astetta tai 60 astetta, ja harjasten pituus noin 70 mm. Tällöin syntyy putken ulkopuolelle lokerot, joihin kukinnot jakautuu tasaisesti kun putki pyörii tasaisesti ja hitaasti. Kyseisen lokerosyöttimen nopeus tulee olla myös säädettävä, sillä se varmistaa sen, että murskauslaitteelle kulkeutuu oikea määrä kukintoja aikayksikköä kohti. Kuhunkin lokeroon sopii noin 4 - 6 kpl kukintoja ja lokeron ylitäyttö on mahdotonta asennetun rajoittimen vuoksi. Kun tuote on kuiva sen tullessa suppiloon aiheutuu se, että kuitua purkautuu helposti tehdastilaan, on harkittava sitä, että suppilon yhteyteen asennetaan imuri, joka puhdistaa suppilon tilan irtoavista kuiduista ja ne johdetaan suoraan murskauslaitteelle ohitusputkiston avulla.

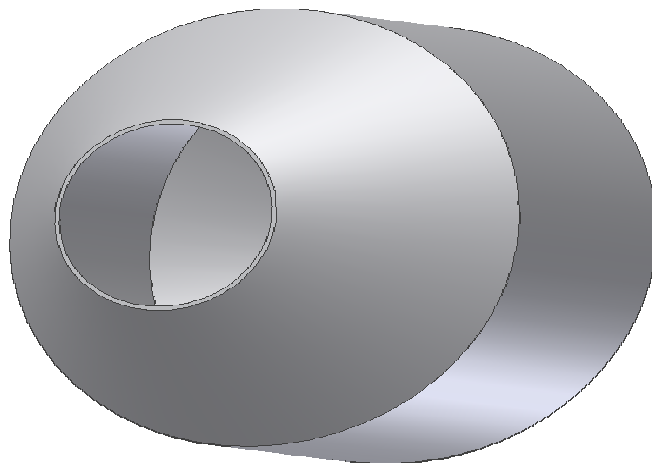


Kuva 28 Annostelulaite, jolla saadaan murskaukseen menevä raaka-aineen määrää säädettyä.

3.3.2.4 MURSKAUS

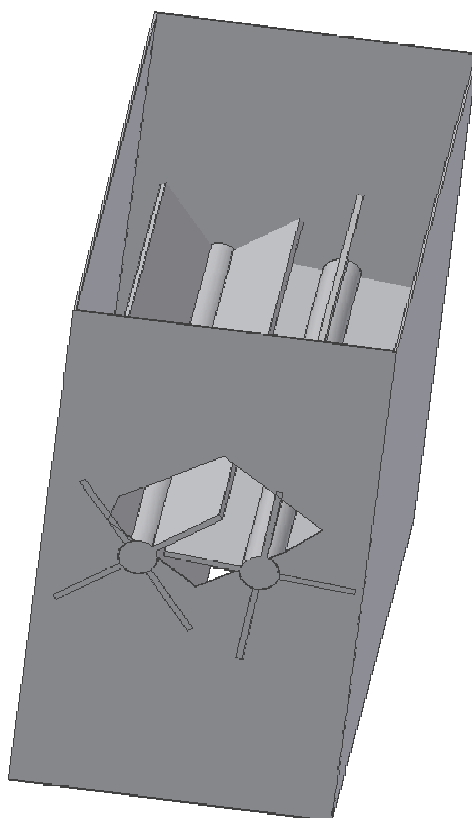
Tutkimuksen yksi selkeä kokonaisuus oli selvittää millainen murskausprosessi tuottaa toivotun tuloksen. Oli havainnointu jo aikaisemmin, että liian voimakas kukintojen murskaus vaurioittaa saatavaa kuitua ja hyvin voimakas mekaaninen murskaus on kyseiseen tarkoitukseen huonosti soveltuva. Saadusta kuidusta tulee laadultaan epätasainen. Oli kehitettävä murskausprosessi, joka on riittävän tehokas, mutta samalla se on mahdollisimman vähän kuitua vaurioittava. Vaatimukset ovat selkeästi ristiriitaiset ja voidaan sanoa, että myös erilaista lähestymistapaa vaativia. Kokeet, joita tehtiin painottuvat soveltuvan menetelmän selvittämiseen ja sille erilaisten ratkaisujen hakemiseen.

Menetelmiä testattiin kokeellisesti ja saatiin hyvin selkeitä lähtötietoja murskauskalteen suunnitteluun. Menetelmistä voi mainita seuraavaa. Ensimmäisessä kokeessa metalliseen säiliöön laitettiin erikokoisia kiviä, joiden joukkoon kukinnot syötettiin pyörimään. Tässä menetelmässä murskaustapahtuma oli liian tehokas ja toisaalta ei laadullisesti kovin soveltuva kyseisen kuitulinjan osaksi. Ongelmia tuotti lähinnä se, että murskaus ei ollut hallittua ja se ei tapahtunut aina samalla tavalla. Myös se, että kyseinen menetelmä olisi vaatinut vielä yhden lisälaitteen kuitujen erotteluun roskista, sillä menetelmä tuotti roskia haitallisesti ja erityisesti erikokoisia roskapartikkeleita prosessin tuloksena. Toinen ongelma oli se, että menetelmän liittäminen prosessilinjan osaksi olisi ollut vaikeaa, sillä se olisi vaatinut erityiset tuotteen syöttö- ja poistokuljettimet prosessilinjaan.



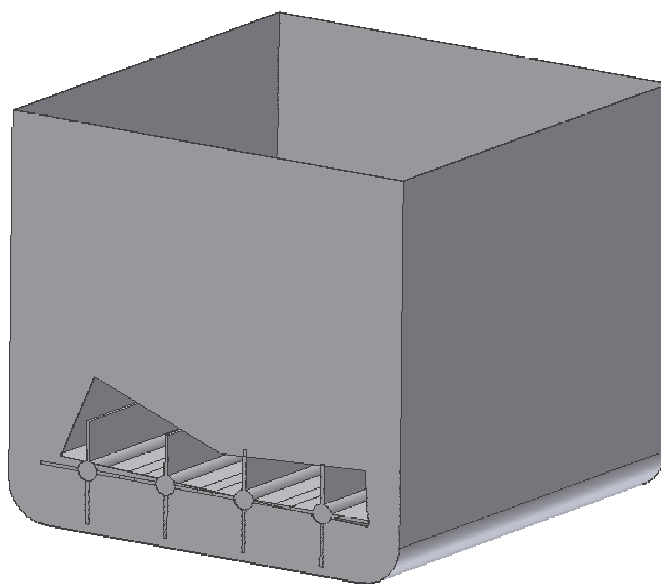
Kuva 29 Menetelmä I kuva. Menetelmässä oli käytössä pyörivä, päästä avoin säiliö ja säiliön sisään kukintojen lisäksi tulee kivenlohkareita, jotka saavat aikaan mekaanisen murskausvoiman.

Toisena menetelmänä testattiin harjoista rakennettua laitetta, jossa oli vain yksi harjapari vastakkain ja kukinnot kulkivat pyörivien harjojen synnyttämän voiman avulla sekä painovoiman vaikutuksesta alaspäin kanavassa. Kuidut irtosivat kokeissa hyvin ja kuidun puhtausaste oli hyvä. Koe antoi tietoa, siitä mihin suuntaan murskauslaitteen kehittelyä tulisi suunnata. Vaadittiin pitkä koesarja, että saatiin toimiva murskauslaite ja siinä perusratkaisuna pyörivät harjat. Yksi parametri, jota selvitettiin oli harjaparien määrä. Kokeet tehtiin yhdellä harjaparilla, mutta lopulliseen ratkaisuun niitä tuli kolme harjaparia. Myös harjojen tyyppi ja malli vaati tutkimusta. Harjas piti olla sopivan karkea ja harjasten tiheys juuri oikea, sillä liian tiheä harja tukkeutuu ja liian pehmeä harja ei murskaa kukintoja tarpeeksi hyvin. Toisaalta taas liian karkea harjas ja harjasten liian suuri tiheys repii kukinnot liiankin tehokkaasti ja aiheuttaa tuotteeseen roskia, joita tämä prosessin huono toiminta aiheuttaa normaalia enemmän.



Kuva 30 Menetelmä II kuva. Menetelmässä oli kuvatus mukaisia harjapareja 2- 3 kpl, joiden välitse kukinnot putoavat ja pyörivät harjat synnyttää murskaustapahtuman.

Kolmantena erotusmenetelmänä tutkittiin käyttö- ja sekoitussäiliön käyttämistä siten, että saataisiin osmankäämin kukinnon kuidut irtoamaan varresta ja kuidut ja prosessissa syntyvät roskat poistetuksi kuidun joukosta. Menetelmässä erä kukintoja noin 1m^3 kaadetaan kyseiseen säiliöön. Säiliössä kukinnot saatetaan liikkeeseen erisuuntaan pyörivien harjojen avulla. Tällöin kukinnot hankautuvat harjoja ja toisiaan vasten ja kuidut irtoavat varsistaan. Samaan aikaan säiliöön johdetaan paineilmaa, jolloin kuitu saadaan kulkeutumaan ilman mukana ulos säiliöstä pakkauslaitteelle. Prosessissa syntyvät roskat jäävät painavimpina säiliön pohjalle ja poistetaan sieltä ennen kuin säiliöön lisätään uusi kukintoerä erottelua varten. Tällä menetelmällä prosessi yksinkertaistuu, sillä ei tarvita erillistä murskauslaitetta.



Kuva 31 Menetelmä III kuva. Menetelmässä käytettiin käyttö- sekoitussäiliötä siten, että kukinnoista saadaan eroteltua roskat ja muut vieraat partikkelit.

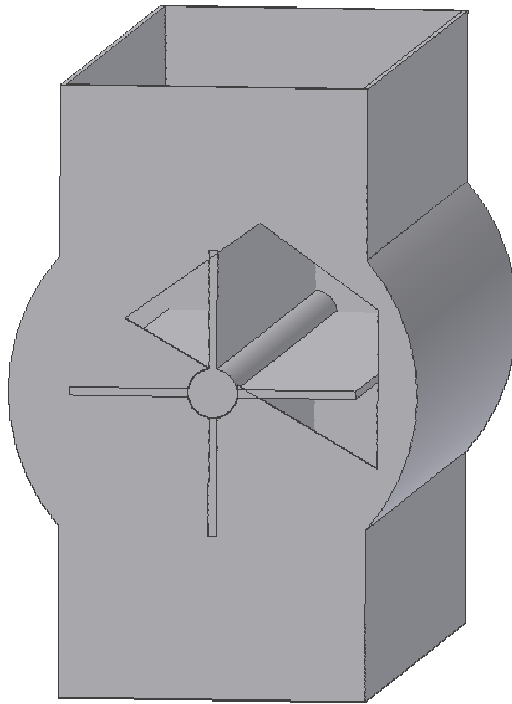
3.3.2.5 PAKKAUS

Seuraava tutkimuskohde oli kuidun pakkaustapahtuma. Kokeilla selvisi se, että kuidun liikkeiden hallittavuus teknisesti ei ollut helppoa. Koelaitteisto tukkeutui helposti ja puutteet laitteistossa olivat selkeitä ja vaativat vielä jatkotutkimusta. Kuitu tulisi saada virtaamaan ilman mukana niin, että sen kulku on ennustettavaa ja siten myös mallinnettavaa. Huomattiin se, että kuljettavan ilman poisto eli linjan saattaminen paineettomaksi on yksi ratkaisu ongelmaan. Tutkimukset antoivat lisää tietoa ja rakentamalla koejärjestelyn, jolla poistimme paineen kuitulinjasta juuri sopivalla kohdalla pakkauslaitteessa, saimme ratkaisun tähän ongelmaan.

Samalla tuli uusi ongelma, sillä paineen poisto kuitulinjasta aiheuttaa kuidun kulkeutumista poistuvan ilman mukana, ainakin vähäisemmässä määrin. Tämä poistuva kuitumäärä saa jälleen aikaan tukkeutumista, mutta eri kohdassa kuitulinjaa. Ratkaisuna tälle oli se, että varustetaan pakkauslinja suodattimella, joka on puhdistettava sekä vaihdettava tarvittaessa. Seuraava tutkimuskohde oli saada tietoa siitä miten kuitu käyttäytyy poistettaessa se kuitulinjalta pakkaukseen. Kuidun virtaus pitää olla hallittu ja kuitukimppujen vapaa pääsy tehdastiloihin tulee estää tai ainakin saada mahdollisimman vähäiseksi. Virtaus pakkauslaitteen alapuolella olevaan pakkausyksikköön tulee osaksi toimimaan painovoiman avulla.

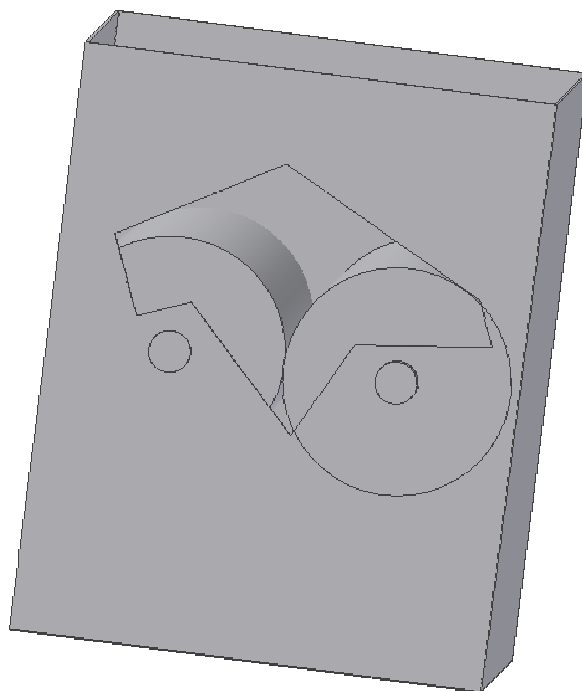
On tarkoituksen mukaista, että samalla kun kuituvirtausta johdetaan painovoimaisesti alaspäin, se samalla saatetaan paineettomaan tilaan. Tämä on kuitenkin tehtävä hallitusti, ettei kuidun virtaus häiriinny tai paine purkautuisi virheellistä kulkureittiä paineettoman tehdastilaan. Lisäksi poistuvan kuidun virtausta tulee tukea mekaanisella ohjauksella. Tämä sen vuoksi, että saataisiin kuitu poistumaan tasaisesti pakkaus-laitteesta. Tähän kuituvirtauksen mekaaniseen ohjaamiseen tutkittiin eri menetelmiä. Kyseinen kuitu on kokoonpuristuvaa ja se myöskin palautuu lähes kokonaan alkuperäiseen tilavuuteensa puristuksen jälkeen, joten voitiin käyttää menetelmää, jossa kuitua puristetaan jossain määrin pakkaustapahtuman aikana.

Yksi tapa on käyttää menetelmänä sulkusyötintä, jossa tiivistetyn kammion avulla saadaan syöttimen alapuoleinen kanavan osan paineettomaksi. Sulkusyöttimessä on lokeroitu kammio, joka on lieriön muotoinen ja lieriö on ajettu esimerkiksi neljään sektoriin. Tämä lieriö pyörii akselin välityksellä melko hidasta nopeutta päästään kuidun putoamaan sulkusyöttimen alapuoleiseen tilaan. Tässä on ongelmana se, että kuitu jää hyvin epämääräiseen tilaan syöttimen jälkeen, ja kuidun virtaus pakkaukseen ei ole koko ajan hallittua.



Kuva 32 Menetelmä I kuva. Sulkusyötintä voidaan käyttää saamaan kuidut lähes paineettomaan tilaan ja siten helpottaa pakkaustapahtumaa.

Toisena menetelmänä tutkittiin kuidun ohjaamista pinnaltaan pehmeiden tekojen välistä pakkaukseen. Sylinterimäiset telat, esimerkiksi metallipintaiset, synnyttävät asennettuna lieriön ulkopinnat lähelle toisiaan kapean nielun, joka muodostaa laskeutuvalla kuidulle sopivan ahtaan kulkutien se pudotessa alaspäin. Toinen edellytys eli se, että ilmanpaine ei purkaudu pakkauslaitteesta pakkaukseen ei kuitenkaan toteudu. Tarvitaan jotakin tiivistävää materiaalia telojen pintaan. materiaali tulisi olla kokoon painuvaa ja tiivisrakenteista. Tutkittiin useita materiaaleja ja niiden ominaisuuksia erilaisilla koejärjestelyillä. Paras tulos todettiin silloin kun molemmissa teloissa oli samanlainen kokoon painuva materiaali pinnassa. Kuitu kulki hyvin telojen välissä ja ilmanpaine pysyi telojen yläpuolisessa tilassa.



Kuva 33 Menetelmä II kuva. menetelmässä kuitu syötetään kumitettujen telojen välistä ja saadaan pakkaukseen hyvin hallittu kuituvirta laskeutumaan säkkiin.

3.3.2.6 PUNNITSEMINEN

Pakkauslaitteessa tulee eräkoon määrittelemiseksi olla punnituslaite, jolla saadaan tarkkaan samanpainoisia pakkauksia. Punnituslaite voi perustua volumetriseen virtaus-mittaukseen tai sitten laitteessa on eräkoon määrittelevä automaattinen punnitusyksikkö. Volumetrinen virtausmittaus saadaan, kun mittauslaitteessa on ohivirtaavan kuitu-virtauksen tunnistava mittalaite ja laite mittaa myös ohivirtausnopeuden ja laitteen sisäisellä ohjelmalla saadaan suoraan mittauspisteen ohittaneen kuidun painon. Tällöin on mahdollista hallita eripainoisia eräkokoja ja pakkauslaite toimii ennalta suunnitellulla tavalla. Yleensä säkkikokoja on vain muutama, sillä ominaispaino kuidulle on 100 kg/m^3 . Jos punnitaan 10 kg , saadaan kuitua $0,1 \text{ m}^3$, eli 100 dm^3 . Sekin on suuri määrä, joten pakkauskoot ovat nähtävästi $3 \text{ kg} - 10 \text{ kg}$ välillä. Pakkaustapahtumassa voidaan kuitua puristaa pienempää tilaa, mutta siinäkin tulee raja vastaa, sillä kuitu vaurioituu, jos sitä puristetaan kokoon liian paljon. Hyväksi havaittu puristusmäärä on luonnollisesta tilavuudesta maksimissaan $1/3$ osaan tilavuudesta. Näin 1 m^3 voidaan puristaa $1/3 \text{ m}^3$. Ominaispaino nousee nyt 300 kg/m^3 ja pakkauskoon hallinta on helpompaa ja kuljetuskustannukset eivät nouse merkittäväksi kulueräksi.

Toinen mahdollisuus on käyttää punnitusvaakaa, jossa on kippilaitteisto, joka annostelee tarvittavan määrän kuitua ja kippilaite vapauttaa kyseisen määrän laskeutumaan painovoimaisesti säkkiin, joka suljetaan tiiviisti.

3.4 VAATIMUSLISTAT MURSKAUS- JA PAKKAUSLINJAN KONEILLE

Prosessin osa, jota käsitellään tässä tarkemmin on murskaus- ja pakkauslinja sekä sen koneet ja laitteet.

3.4.1 Murskauslaite

Murskauslaitteen tulee saattaa kuidut erilleen emikukinnosta ja poistaa varsi kukinnosta. Vaatimuksena on tarpeeksi tehokas ja nopea toiminta. Laitteessa on monivaiheinen osa, jolla kuidut irtoaa ja tapahtuma saadaan riittävän pitkäksi ajallisesti ja emikukinnon siirtymämatka laitteessa on tarpeeksi pitkä. Laitteessa tulee olla riittävän tehokas käyttö sekä pyörimisnopeus tulee olla riittävä. Lisäksi laite tulee toimia tukkeutumatta koko prosessin käyttöajan. Murskauslaitteen teho tulee olla niin suuri, että jatkuva käyttö on mahdollinen ja moottoreiden mitoituksessa on oltava tehoreserviä riittävästi. Laite voi joissakin tapauksissa tukkeutua ja sekään tapahtuma ei saa aiheuttaa vaurioita muihin käyttölaitteisiin.

Vaatimuslista murskauslaitteelle:

- a. Moottoreiden teho tulee olla sopiva ja kuormitusvaihtelu huomioitava.
- b. Kierrosnopeus moottoreissa oltava säädettävissä.
- c. Laitteen rakenteen tulee olla mahdollisimman hyvä läpäisykyvyltään eli siinä ei saa olla tukkeutumista aiheuttavia rakenteita tai rakenteen osia.
- d. Laitteen tulee olla pölytiivis.
- e. Murskauspäät tulee olla vaihdettavat.
- f. Laitteessa tulee olla tarkkailua varten ikkuna.
- g. Laite tulee olla huoltoystävällinen.
- h. Laitteessa tulee olla huoltoluukku.
- i. Laite tulee olla puhdistettavissa.

3.4.2 Puhdistuslaite

Puhdistuslaite poistaa kuidun joukosta roskat. Tyypilliset roskat ovat kasvin varsi ja emikukintoon kiinnittyneet lehden osat. Varastointivaiheeseen voi tulla muitakin roskia keräysvaiheessa. Kaikki roskiksi luettavat poistetaan kuidun joukosta. Laitteen pohjassa on keräyssäiliö, joka tyhjennetään tarvittaessa. Säiliön vetoisuus on noin 100 litraa, jolloin tyhjennystä ei tarvitse suorittaa niin usein jos säiliö on pienempi. Puhdistuslaitteen erottelukyky pitää olla hyvä, roskien joukkoon ei tulisi päästä puhdasta kuitua kuin mahdollisesti hyvin pieni määrä.

Vaatimuslista puhdistuslaitteelle:

- a. Puhdistuslaitteen tulee poistaa roskat riittävällä tarkkuudella.
- b. Laitteen nopeus tulee olla säädettävä.
- c. Laitteen tulee olla pölytiivis.
- d. Laitteessa tulee vaihdettava säiliö.
- e. Laitteessa tulee olla sulkupelti huoltoa varten.
- f. Laitteessa tulee olla tarkkailua varten ikkuna.
- g. Laite tulee olla huoltoystävällinen.
- h. Laitteessa tulee olla huoltoluukku.
- i. Laite tulee olla puhdistettavissa.

3.4.3 Siemenien talteenottolaite

Siemenien keräyslaitteen tärkein vaatimus on saada siemenet irtoamaan kuidusta ja erilleen kuidusta. Tämän jälkeen siemenet johdetaan omaa reittiä linjalla eteenpäin ja kuitu etenee prosessissa omaa reittiä. Kun siemenet ovat erillään kuidusta, on ne mahdollista johtaa erilliseen keräyssäiliöön. Sopiva keräyssäiliön vetoisuus on noin 30 - 40 litraa. Siemenien koko on pieni ja niiden kertymä pitkässäkin prosessissa ei ole suuri. Jos siemenien joukkoon tulee prosessissa hieman kuitua, se ei haittaa kuin siinä tapauksessa, että kuitua on siemenien joukossa suurempi määrä.

Vaatimuslista siemenien talteenottolaitteelle:

- a. Talteenottolaitteen tulee erotella siemenet kuidusta riittävällä tarkkuudella.
- b. Laitteen nopeus tulee olla säädettävä.
- c. Laitteen tulee olla pölytiivis.
- d. Laitteessa tulee olla tarkkailua varten ikkuna.
- e. Laitteessa tulee vaihdettava säiliö.
- f. Laitteessa tulee olla sulkupelti huoltoa varten.
- g. Laite tulee olla huoltoystävällinen.
- h. Laitteessa tulee olla huoltoluukku.
- i. Laite tulee olla puhdistettavissa.

3.4.4 Pakkauslaite

Pakkauslaitteen tulee pakata kuidut määrätyn kokoisiin pakkauksiin. Tässä tulee kyseeseen erikokoiset säkit. On tarpeellista saada riittävän suuri pakkauskoko teollisuuskäyttöön sekä sopiva pakkauskoko vähittäiskäyttöön. Yksi kuutiometri kuitua painaa noin 100 kg ja sen lisäksi tulee pakkauksen paino, joten säkin kokonaispaino ei ole kovin suuri. Pienempi säkki voi olla kokoa 200 - 300 litraa ja se siirtoon ei tarvita nostolaitetta, mutta varastoinnissa nostolaite on tarpeen tässäkin koossa. Pakkauslaitteessa tulee olla tarkka punnituslaite, jolla säkkien pakkauksen paino pysyy vakiona. Pakkauslaitteen yläosassa on sulkusyötin, jolla saadaan pakattava kuitu paineettomaksi ja pakkauksen täyttö hallituksi.

Vaatimuslista pakkauslaitteelle:

- a. Laitteessa tulee olla eräpunnitus mahdollisuus.
- b. Laitteen mahdollistettava paineen poisto pakkaustapahtumasta.
- c. Laitteessa oltava pölysuodatin.
- d. Laitteen nopeus tulee olla säädettävä.
- e. Laite tulee olla tiivis vaipan osalta.
- f. Laitteessa tulee olla tarkkailua varten ikkuna.
- g. Laite tulee olla huoltoystävällinen.
- h. Laitteessa tulee olla huoltoluukku
- i. Laitteessa tulee olla sulkupelti huoltoa varten.
- j. Laite tulee olla puhdistettavissa.

4. SUUNNITELLUN JÄRJESTELMÄN KUVAUS

4.1 Suunnittelun jalostuslinjan kuvaus

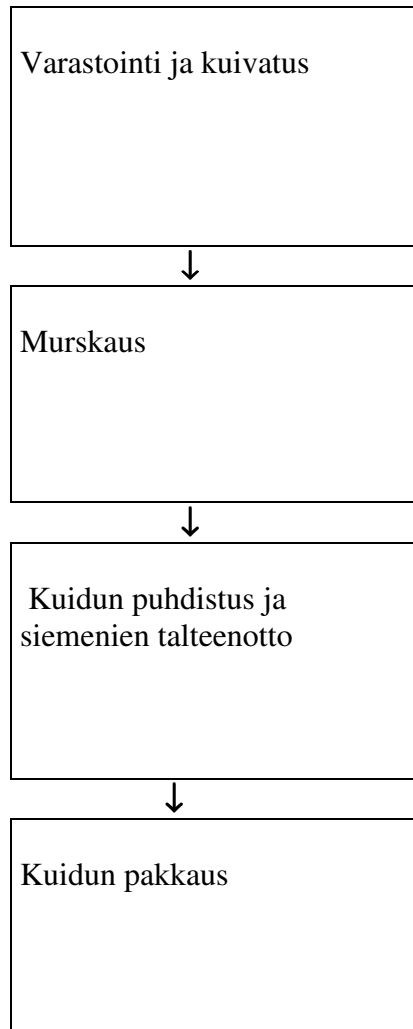
Luonnonkuitujen jalostuslinja on suunniteltu prosessilaitteistoksi, jossa on kiinnitetty huomiota kuidun tuottamiseen korkealla teholla sekä siihen, että riittävän hyvää kuitua on saatavissa riittävä määrä seinäpinnoitteen sidoskuiduksi. Vaatimusten täyttäminen on tuntuu näin sanottuna yksinkertaiselta, mutta se vaatii pitkää ja perusteisiin menevää tutkimusta vaativa työ luonnonkuiduista ja niiden ominaisuuksista.

Tutkimuksen valmistuttua analysoitiin sen tulokset ja arvioitiin tutkimuksen hyödynnettävät osuudet laitteiston suunnittelussa. Työ alkoi laitteiston hahmottelusta ja dimensioiden määrittelystä. Kyseeseen tuleva prosessilinja olisi pilottiversio ja sen läpäisykyky olisi noin 1/8 siitä mikä tulisi laskennallisesti olemaan teollinen prosessilinja. Läpäisykyky tarkoittaa sitä miten suuri tilavuus kuitua tai miten suuri kilomäärä kuitua saadaan laitteistosta aikayksikköä kohti laskettuna. Kyseisen prosessilinjan mittasuhteet eivät ole kyseisen suhteen 1/8 mukaisia, vaan kyseinen teollinen prosessilinjan on määriteltävä laskennallisesti pilottilinjasta saatujen kokemusten ja lähtötietojen avulla.

4.2 Suunnittelun prosessin kuvaus

Prosessi, jota on kuvattu tarkemmin on kuidun käsittelylinja. Prosessi käsittää toiminnot varsinaisen tehtaan sisällä, vaikka aikaisemmin on kuvattu myös aikaisempia vaiheita.

Kaavio 2



4.3 Johdanto pinnoitetehtaan prosessiin

Ihmiset viettävät 95 % ajastaan sisätiloissa, kotona, toimistoissa, kouluissa ja ostoksilla. Ei ole enää salaisuus, että rakennukset, etenkin uudenaikaiset asunnot, voivat tehdä ja tekevät ihmiset sairaiksi. Tämä ilmiö on ollut tahallinen jo viimeiset 20 vuotta. Suuri määrä sisäilman saasteista ja vaikutus matala tasoisella sähkömagneettisella säteilyllä on kasvanut joka vuosi. Kaikki syyt kansanjoukossa ilmeneviin fyysisiin ongelmiin kuten päänsärky, astma, allergiat, hormonalisiin häiriöihin ja joka syöpään. On löydetty tämä maaperästä saatava materiaali suodattaa saastetta ja hajua ilmasta. Ilman saasteet, kuten tupakan savu ja hajut ilmassa ovat sidottu kostuttamalla sisäilmaa ja suodattamalla huoneeseen tuleva ilma. Terveydellisesti järkevä tapa on ottaa huomioon asia jo rakentamisvaiheessa.

Maaperästä saatavalla pinnoitteella on muita positiivisia ominaisuuksia:

1) Se säättää huoneen lämpötilaa (passiivinen lämpösäteily suunnittelu). Suuri massa pinnoitemateriaalia toimii varastona suurelle määrälle auringon lämpösäteilyä päivään ja luovuttaa sen käyttöön yöaikaan.

2) Se säättää ilmankosteutta: Ihminen synnyttää kosteutta (hengittämällä, hikoilemalla) sisällä huoneessa. Oikea pinnoitteen kosteus tasapainottaa ja varastoi kosteus kapasiteettia, luonnon pinnoite suojaa hengityselimiä kuivumiselta ja suojaa tai alentaa vaarallista homea huoneessa. Homeelle altistuminen on yksi tärkeä syy alkulähde kasvavalle hengitys allergioille teollisuusmaissa.

3) Euroopassa tutkitaan aihetta: Korkealuokkaisen maaperäpohjaisen sisäseinä pinnoitteen uudistuva tuotanto luonnonkuitu sidoksella mahdollistaen teollisen prosessi valmistuksen perinteisellä rakennusmateriaalilla.

Maaperäpohjainen pinnoite vahvistettuna ruokokuidulla on terveellinen vaihtoehto sementille, kalkille tai kipsipohjaisille pinnoitteille, kuitenkin tarjoten lähes samat käsittely ja lujuus ominaisuudet.

Ongelma on nyt miten järjestää kuidun käsittely prosessi kevyesti jotta se pitää kuidun tähtimäinen kuiturakenne vahingoittumatta. Tästä syystä käytetty perinteinen puuvillan tai hampun puhdistuskone on sopimaton.

Kuidun käsittely linjan kehittäminen on realistinen seuraava porras. Ensiksi se sisältää useita laboratoriokokeita pienoiskoossa. Testataan miten kuitu käyttäytyy ja erottuu erilaisilla koejärjestelyillä. Seuraavaksi rakennetaan pilottilaitteisto, jolla kuvataan koko tuotanto linjan kykeneväisyys pieneen tuotantomäärään pinnoitetta ja käytetään mallitalossa. Kokeilulla kehitetään suunniteltavaa täysikokoista linjaa kasvaville Euroopan markkinoille. (5)

4.4 Seinäpinnoitteen valmistustehdas

4.4.1 Tuotantoprosessin kehittäminen

Seuraavaksi on kuvattu kokonaisen koko seinäpinnoitetehtaan prosessia ja selvitetään myös käyttö- ja automaatiojärjestelmien toimintaa.

Kokonainen tuotantoprosessi käsittää seuraavat tuotantolaitteet (Kuva 34):

1. Raaka-aineen kaivaminen maaperästä
2. Hiekan seulonta erilaisiin jakeisiin
3. Saven ja savimaan biologinen vanhentaminen
4. Saven ja savimaan kuivatus ja jauhaminen
5. Varastointi siiloissa
6. Komponenttien annostelu siilosta syöttökuljettimelle
7. Annosten syöttäminen ja kuiduttaminen sekoittimelle
8. Annoksen sekoitus
9. Sekoitettun tuotteen kuljetus varastosiiloon
10. Laastijauheen pakkaus säkkeihin

Maaperäisen laastijauheen tuotanto prosessi alkaa hiekan kuopalta, jossa se kaivetaan elevaattorilla ja pyöräkuormaimella. Tämä on luonnon alkulähde savelle, savimaalle ja maalle, missä erilaiset maan komponentit ovat luonnollisella tavalla kerrostuneet geologisen mineraalikerrostumisen johdosta.

Hiekka on seulottu erilaisiin raejakeisiin seulontakoneella jo kuopalla ja kuljetettu suojattuun varastoon kuusi metriä korkeaa kasaan, jonka kapasiteetti on yli 1000 m³.

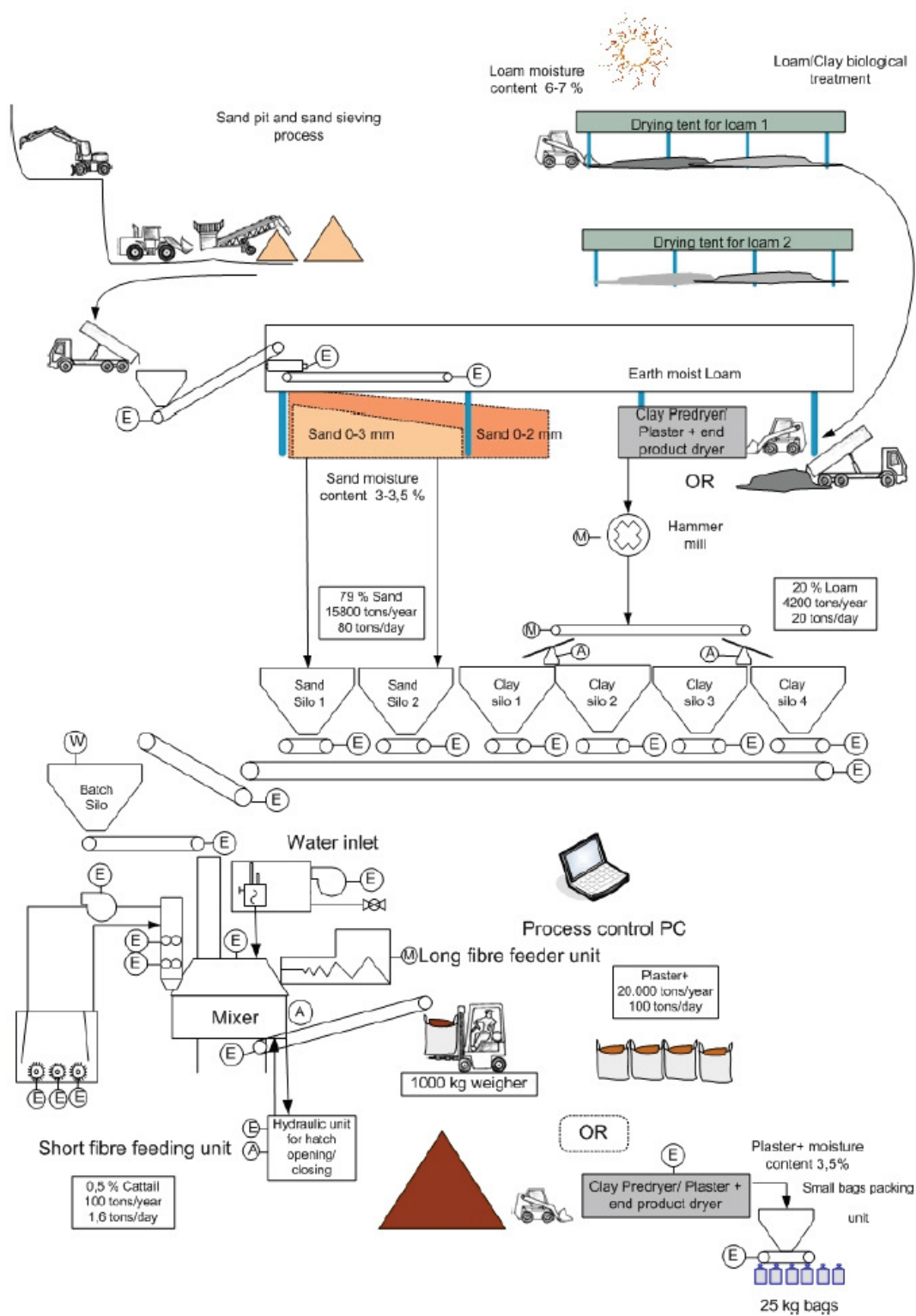
Seuraavassa prosessin vaiheessa hiekka jaetaan kahteen 30m³ siiloon, joista se syötetään automaattisesti ohjattuna sekoitusprosessiin.

Tyypiltään erilaiset savi ja savimaa on kuljetettu usealta kuopalta vanhenemaan useaksi kuukaudeksi. Vanhenemisprosessin aikana käyttää luonnollisia mikro-organismeja, jotka hyödyntää orgaanisia maan komponentteja tasapainottamaan sen loppukäyttöä varten. Vanhentamisen jälkeen materiaali kuivataan ja jauhetaan hienoon partikkelikokoon. jauhettu savi ja savimaa varastoidaan neljään samanlaiseen syöttösiiloon kuin hiekkakin.

Rakeinen materiaalit, hiekka ja savi, ovat syötetty automaattisesti sekoitusprosessiin kokonaan samanlaisista syöttösiiloista reseptin mukaisesti pinnoiteprosessiin. Nämä materiaalit ovat ensin annosteltu annossyöttöimeen ja sopivaan asemaan prosessia annoskuljetin tyhjennetään sekoittimeen. Myös kuidut ovat syötetty ja annosteltu automaattisesti sekoittimen syöttökammioon.

Kuidun kustutus tarkoittaa sitä että, kuitu partikkelit pysyvät järjestyksessä sekoittimessa ja kuitu jakautuu tasaisesti sekoittimessa pienten ja suurten maan partikkelien väliin.

Sekoitettu pinnoite pakataan suuriin säkkeihin yhdenmukaisesti yksi tonni massaa ja siirretään trukilla varastoon odottamaan loppukäyttöä. (2)



Kuva 34 Koko pinnoitusmassa tehtaan prosessin kaaviokuva.

4.4.2 Tehtaan suunnittelu

Tehtaan teknisten vaatimusten määrittämisen jälkeen suunnittelu alkaa mittauksilla ja mallintamalla olemassa olevat laitteistot ja koneet. Useiden keskustelujen ja testaus periodien jälkeen muutamia uusia yksiköitä prosessiin oli suunniteltu periaatteellisella tasolla ja koneet olivat paikoitettu ja sijoitettu toistamiseen prosessiin tehtaan omistajan kanssa.

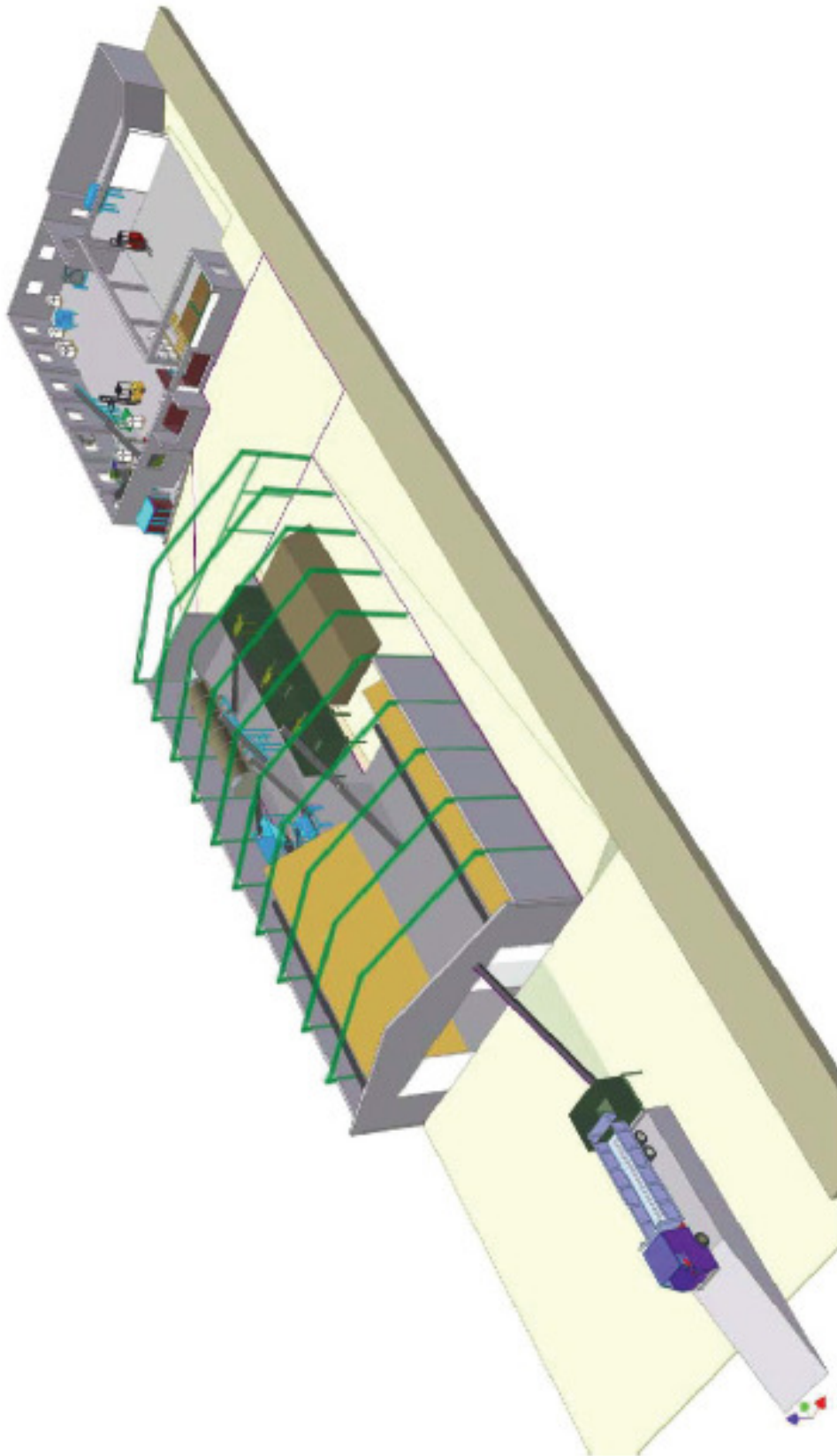
Laitos koostuu seuraavista osista, (Kuva 35) joissa prosessit suoritetaan valmistuksen aikana:

1. Hiekan ja savimaan varastot (Kuva 35)
2. Sekoitusosasto (Kuva 35)
3. Kuidunsyöttöyksikkö (Kuva 36)
4. Kuidun syöttöasema (Kuva 37)

Hiekka ja savi varastoidaan ensin suojaan lattialle. Ennen kuin sekoitettava savi jauhetaan vasaramyllyllä, hiekka ja savi lastataan syöttösiiloihin.

Hiekka, savimaa ja savi ohjataan sekoitusosastolle maanalaisella kuljettimella. Kuidut syötetään sekoitinta lähellä olevista säilöistä. Materiaalit syötetään ja annostellaan prosessiin valitun ohjelman mukaan tietokone ohjatusti. Kuitusäiliöiden täyttäminen ja vaihtaminen suoritetaan haarukka-trukilla.

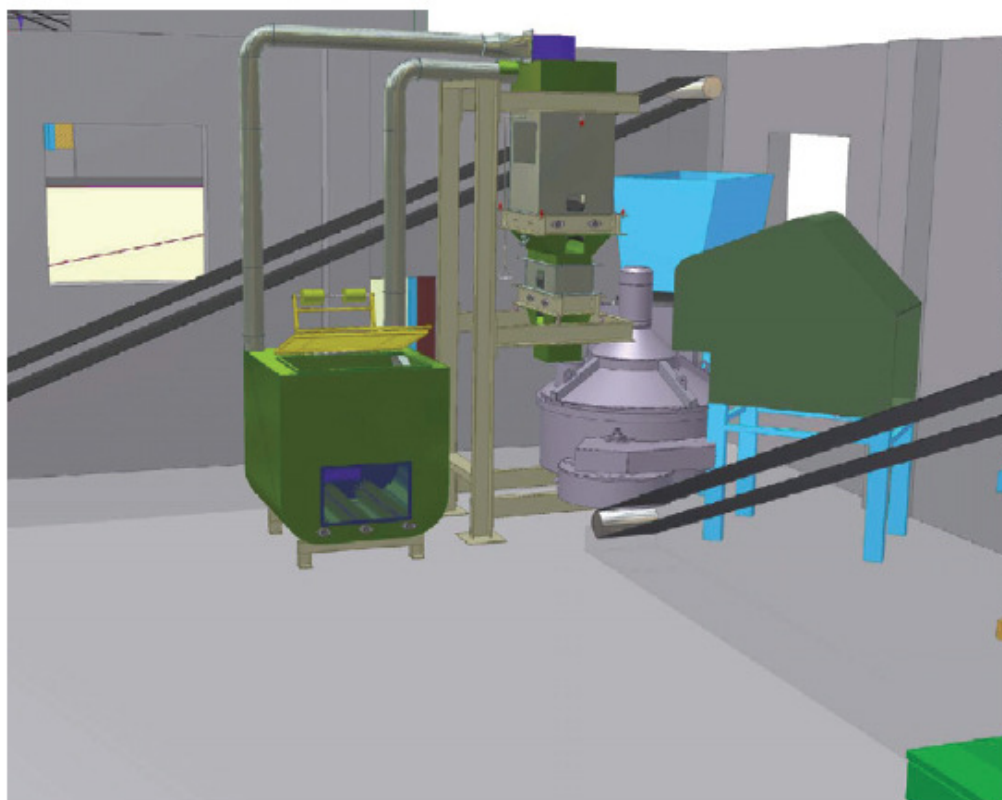
Kuidut imetään ja puhalletaan pneumaattisesti eristetyssä piirissä kuidunsyöttötorniin. Tornista kuidut annostellaan sekoittimeen kahden pehmeän pyörivän kidan avulla. Kostutinta käytetään valvomaan kuitujen kosteutta sekoituksen aikana. Tätä voidaan säädellä jota löydetään paras lopputulos sekoituksessa. Taso-tyyppinen sekoitin joka on kehitetty märän betonin sekoittimesta on so- piva myös tähän matalan kosteuden sovellukseen. (2)



Kuva 35 Tehtaan laitteiden sijoituspiirustus



Kuva 36 Pinnoitteen sekoitusosasto



Kuva 37 Kuidun syöttöasema

4.4.3 Prosessin kehittäminen

Koko prosessi koostuu seuraavista yksittäisistä prosesseista (kohdat 2 -5 kuvassa 38):

1. Raakamateriaalin keräys
2. Raaka-aineen laadun ja määrän tarkkailu
3. Raaka-aineen varastointi
4. Kuitujen erottelu ja pakkaus
5. Kuitujen varastointi ja kuljetus
6. Kuitujen käyttöönotto ja syöttäminen sekoittimeen

Kerätyn kukinnon laatu ja määrä analysoidaan vastaanottopisteessä. Kerätyt kukinnot pakataan laatikoihin muovisäkeissä ja laatu tarkastetaan pintapuolisesti. Kukintolaatikoiden massa punnitaan ja kirjataan lisätietojen kanssa (päivämäärä, toimittaja, keräyspaikka, laatu).

Pakkauslaatikot sijoitetaan ja varastoidaan niin että, ne käytetään saapumisjärjestyksessä. Ilmastoidun varastotilan kosteutta ja lämpötilaa säädelään, jotta estetään homeen kasvu.

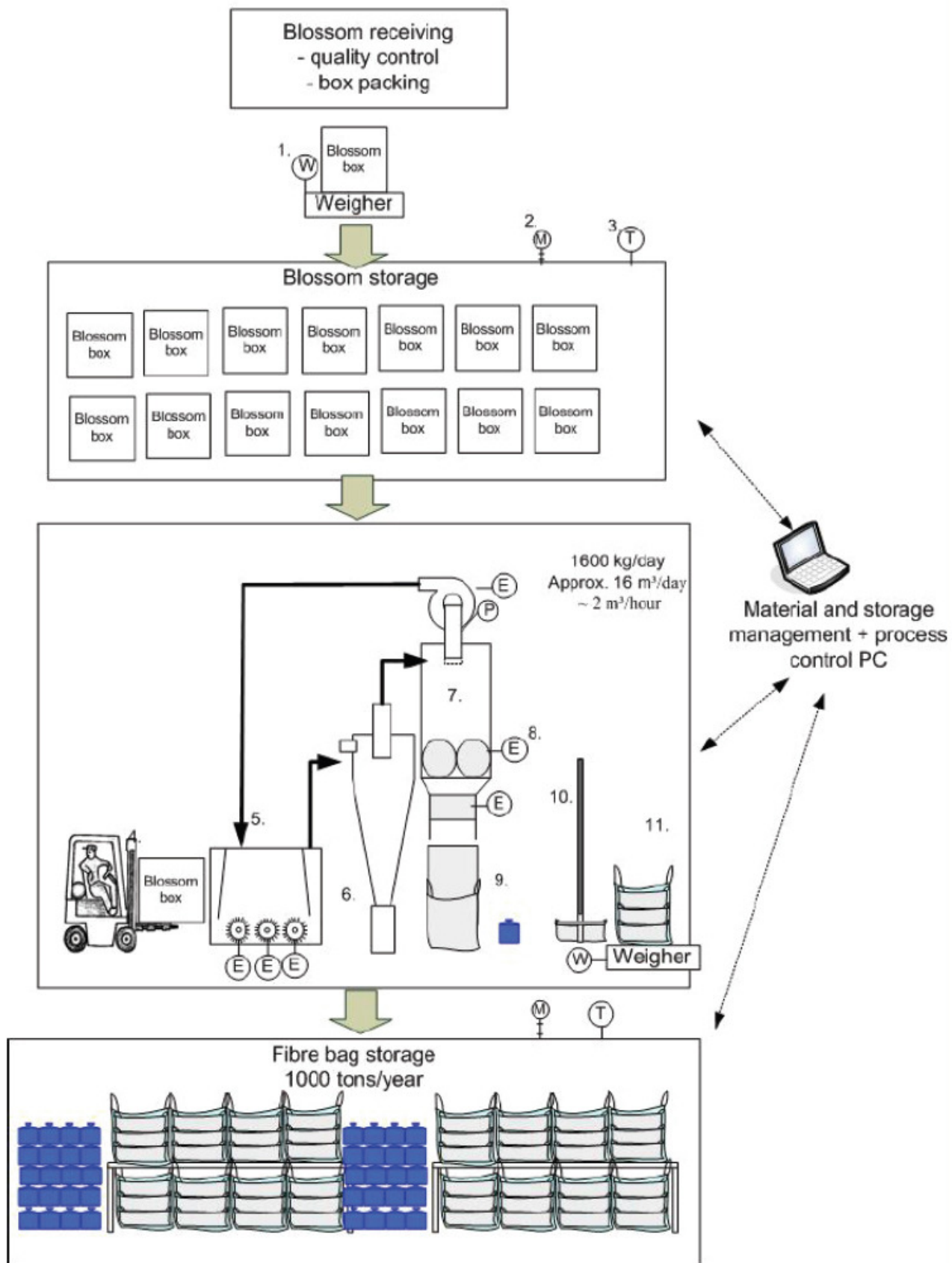
Kukinnon kuivaamisen jälkeen laatikot viedään erotettavaksi ja pakattavaksi pakkausyksikköön.

Kuidun erotteluyksikön sisällä raakamateriaalit rikotaan pyörivillä harjoilla (kolme yksikköä /linja) , jotta kuidut ja varret saadaan eroteltua. Erotetut kuidut ja varret imetään syklooniin samalla kun varret ja osa erotetuista siemenistä putoaa painovoimaisesti keräyskammioon sykloonin pohjalla.

Kerätyt siemenet ja varret voidaan levittää luontaiselle keräyspaikalle.

Sykloonin ylemmästä osasta erotellut kuidut kuljetetaan kuitujen syöttötorniin. Lopuksi muoviset pakkaukset tyhjennetään ja annostellaan ja siirretään pehmeiden rullien välityksellä syöttöjärjestelmään. (5)

Blossom defibering and packing process



Kuva 38 Tehtaan automaatioprosessin kuvaus.



Kuva 39 Sekoitussäiliö liitettynä suoraan seinäpinnoitteen sekoituslaitteen yhteyteen. Tässä ratkaisussa sekoitussäiliö toimii myös osmankäämin kukintojen murskauslaitteena ja erillistä murskauslaitetta ei tarvita.

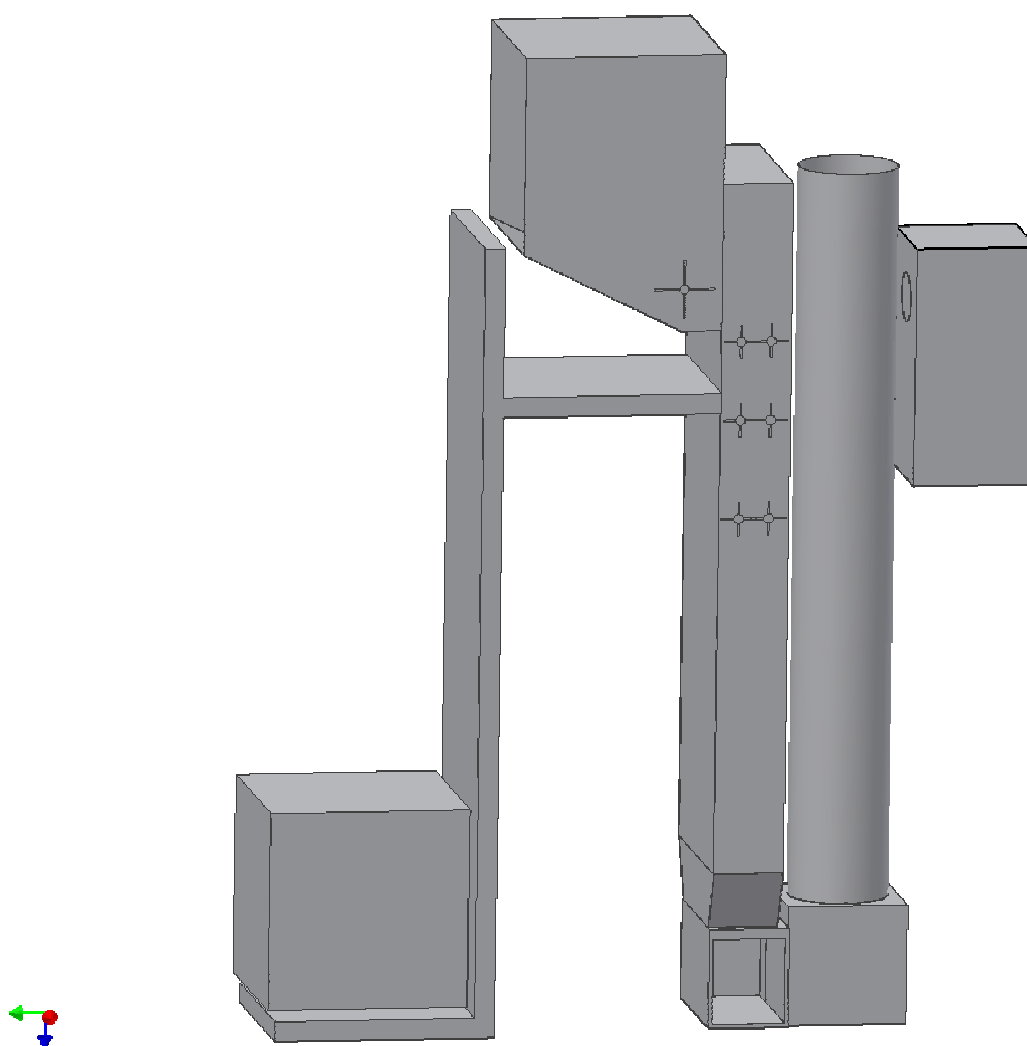


Kuva 40 Sekoitussäiliö vasemmalla ja tässä se on osana kuituasemaan. Oikealla on pakkaustorni ja kanavan väliin on integroitu syklooni.

4.5 Kuitulinjan kuvaus

Suunniteltava kuitulinja käsittää vain seuraavat laitteet:

- Nostolaite
- Suppilo + annostelulaite
- Murskaustorni
- Roskasäiliö
- Syklooni + siemenien keräyssäiliö
- Pakkausasema + säkityslaite



Kuva 41 Kuidun käsittelylinja kuvattuna kokonaisena:

Vasemmalla on nostolaite, jolla nostetaan kuivatut kukintolaatikat murskauslaitteeseen. Prosessin seuraava vaihe on suppilo, jossa on annostelulaite integroituna. Sen jälkeen on murskaustorni, jossa kuidut erotellaan muista partikkeleista. Murskaustornin alla on roskasäiliö. Murskaustornista oikealle on syklooni, jolla saadaan siemenet eroteltua kuidusta ja näin saadaan siemenet viljeltäväksi. Oikealla on kuvattu pakkausasema ja sen tulee säkitysasema.

4.6 Murskauslaite

Murskauslaite osmankäämin kukintojen kuidun saamiseksi irti kasvin varresta. Siinä on teräslevystä valmistettu runko, joka koostuu sisältä avoimesta levyrakenteesta. Rungon päissä on laippaliitokset, sen liittämiseksi prosessin osaksi. Käyttölaitteena on sähkömoottori varustettuna vaihteella. Tarvittava pyörimisnopeuden säätö tapahtuu tarvittaessa taajuusmuuttajalla.

Murskauslaite on mahdollista valmistaa useampiportaisen, jotta kuidun irtoaminen olisi riittävän hyvin tehty.

Laitteen alla on irrotettava säiliö, johon kerätään irtoavat roskat. Roskat voidaan käyttää hyödyksi jos rakennetaan esim. laastia jolla valmistetaan varsinaisia seinä rakenteita savitalorakentamisessa.

Murskauslaitteen sivulla on huoltoluukku, josta voidaan tehdä huoltotoimenpiteitä. Laitteen toisella sivulla on läpinäkyvällä levyllä varustettu suljettu ikkuna, josta voidaan tarkkailla laitteen toimintaa sen ollessa käynnissä.

4.7 Kuljettimet

Mitä kuljettimia tarvitaan prosessiin?

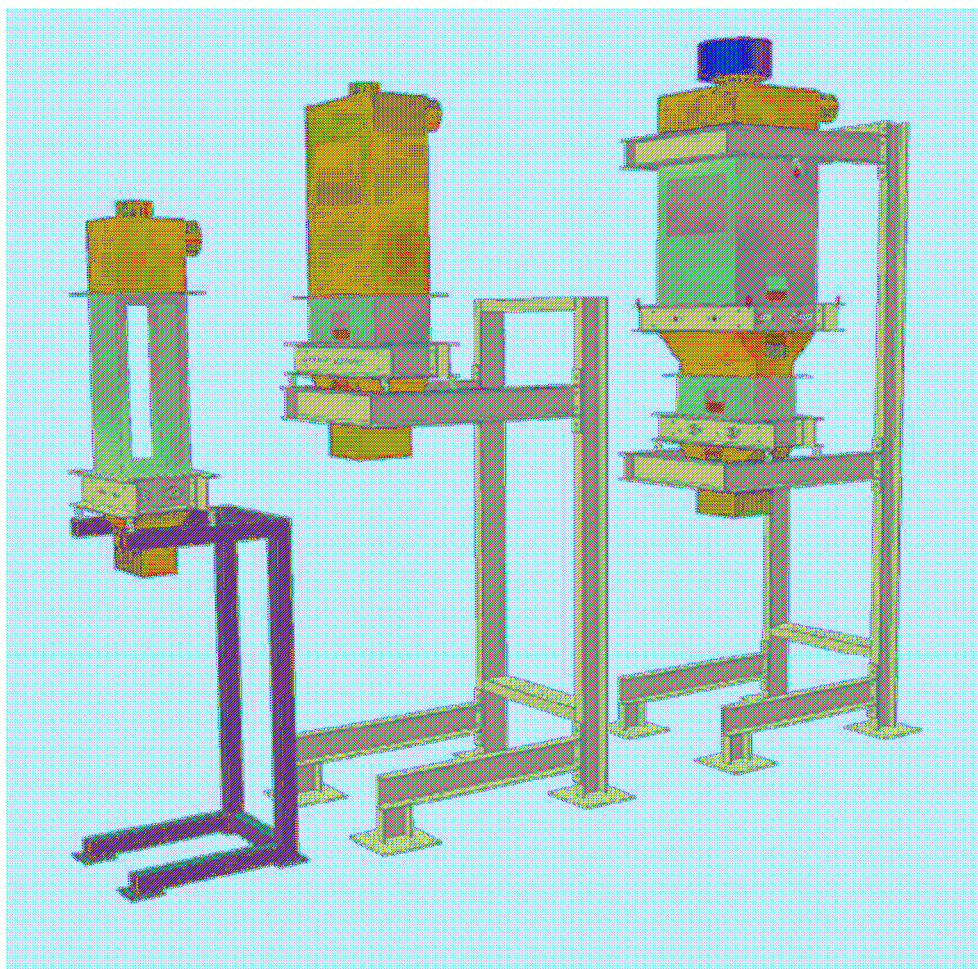
Prosessissa tarvitaan kuljetin esisijaisesti kuljettamaan osmankäämin kukinnot murskauslaitteelle. Kyseessä on silloin mekaaninen kuljetin. Murskauslaiteessa ja sen jälkeen kuljetus tapahtuu pneumaattisesti ja kuitu liikkuu ilmavirtauksen mukana. Tarvittava virtaus ja paine saavutetaan puhaltimella, joka on integroitu prosessin kanavaan. Siinä on säädettävä kierrosnopeus, jolloin saavutetaan optimaalinen virtaus prosessin kanavassa.

Kun siirtolaitteena on kuljetin on kuitujen joutuminen tehdastilaan estettävä. Kuljetin tulee olla tiivistetty niin, että kuitujen kulkeutuminen tehdastilaan on estetty. On vielä parempi ratkaisu saattaa kuljettimen tilaan alipane jolloin kuljettimen lähellä leijuvat kuidut saadaan johdettua suoraan prosessissa eteenpäin.

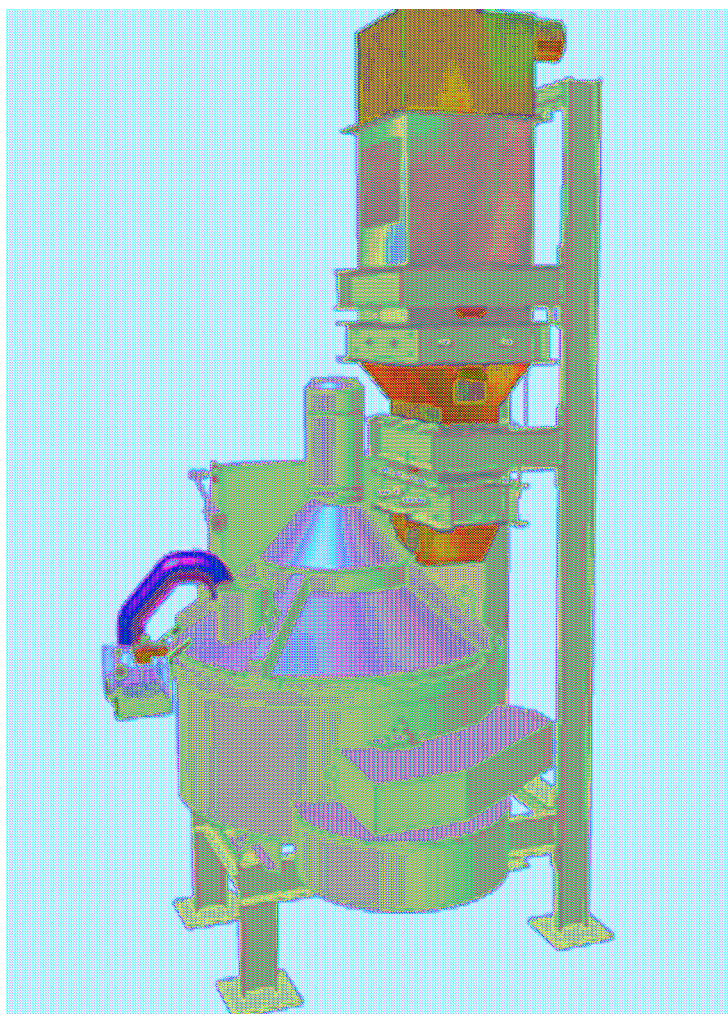
Jos prosessiin ei tule kuljetin niin sen korvaa nostolaite, jolla kuivatut kukinnot nostetaan murskauslaitteelle. Nostolaite on mekaaninen ja siirtävänä elimenä voidaan käyttää ketjua ja käyttömoottorina sähkötoimista vaihdemoottoria.

4.8 Pakkauslaite

Pakkauslaite on hyvin tärkeä osa prosessilinjaa. Sen suunnittelussa on huomioitava ergonomia ja käytettävyys. Pakkausasemalla tulee työskentelemään yksi henkilö, joka samalla hoitaa koko prosessilinjaa käytön valvonnan.



Kuva 42 Kuvassa kolme erikokoista pakkauslaitetta. Laitteen koko valitaan kulloisenkin prosessilinjaa tuotantokyvyn mukaan. Vasemmalla kuvattu sopii silloin, kun kuidun määrät ovat verrattain pieniä. Oikealla kuvattu pakkauslaite sopii silloin, kun on kyseessä teollinen tuotanto ja tuotanto on osaksi automatisoitu.



Kuva 43 Sirotteluasema integroituna sekoittimeen. Sekoittimen päällä on integroituna kostutuslaite, jolla saadaan kuituun pieni kosteus ja kuitu sekoittuu tasaisesti hiekan ja saven sekoitukseen. Sekoitusasemassa valmis pinnoitemassa säkitetään valmiiksi kuljetusta varten.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET, JATKOTUTKIMUSNÄKYMÄT

Johtopäätös suunnitellusta kuidun jalostuslinjasta on se, että siitä saadun kokemuksen avulla voidaan teollisuuden käyttöön suunniteltava tehokkaampi laitteisto suunnitella ja valmistaa tästä työstä saaduilla tutkimuksellisilla tiedoilla. Laitteiston teolliseen kokoon muuttaminen vaatii vielä tarkempaa automaatio parametrien selvittämistä sekä käyttövarmuuden parantamista.

Työssä syntyi uutta soveltavaa tietoa yleisemmällä tasolla luonnonkuitujen käyttäytymisestä silloin, kun niitä käytetään seinärakenteen osana. Työ antoi uutta tietoa myös laajemmasta ja tämän tutkimusalueen ulkopuolella olevaan luonnonkuitujen yleisempään soveltavaan käyttöön.

Soveltavana tutkimusalueena olisi suositeltavana kohteena kyseisen osmankäämi kasvin kuidun käyttäminen sisustuslevyn sidoskuituna käytettäessä erilaisia komposiittiaineita ja sidosaineita. Tästä tutkimuksesta erottuen siten, että syntyvänä tuotteena on sisustuslevy, joka on hankittavissa määrämittäisenä suoraan alan liikkeestä.

Toinen tutkimuskohde johon tulisi suunnata voimavaroja on samanlaisten luonnonkuidun hyödyntäminen pinnoitteen sidoskuituna silloin kun halutaan tutkia rakennetta johon saataisiin kosteutta kestävä pinta ilman synteettistä lisäainetta. Tässä nimenomaan ei välttämättä ole kyseessä osmankäämin kuitu, vaan muu menetelmään soveltuva luonnonkuitu.

5.1 Mitkä ovat työn hyödyntämisenäkymät?

5.1.1 Tutkimukselliset

Tutkimukselliset hyödyntämisenäkymät ovat selkeästi esitettävissä ja todettavissa. Kyseisellä tutkimuksella on arvona se, että sitä voi käyttää alkutietona ja sen pohjalta laajentaa tutkimusta luonnonkuiduista. Tarkoitin lähinnä luonnonkuituja, joita ei ole hyödynnetty aikaisemmin siitä syystä, että ne eivät ole kudottavia ja muulla tavalla jo hyödynnettyjä. Näen tämän tutkimuksen hyötynä nimenomaan sen, että se on tehty harvinaisella alueella, joka ei ole aikaisemmin ollut kiinnostava. Ongelmana nousee esiin se, että kyseiseen jatkotutkimukseen saadaan luotua tutkimusryhmä ja se, että tutkimus saadaan tehdyksi tarpeellisella tarkkuudella ja laadultaan hyvänä, jotta se voidaan hyödyntää tulevilla sovelluksissa.

Toiseksi ongelmaksi nousee lähinnä kysymys tutkimuksen rahoituksesta, joka on aina yksi määräävä tekijä, kun puhutaan uuteen tutkimusalueeseen suuntaamiseen, se on haasteellinen ja vaikea perusteltava rahoitustahoille.

5.2.2 Kaupalliset

Kaupallisena hyötyfunktiona olisi saada sellainen tuote, joka on markkinoilla laajempaa mielenkiintoa herättävä. Luonnon materiaalien sekä niiden hyvien ominaisuuksien parempi hyödyntäminen markkinoinnissa on yksi keino saada tuote tunnetuksi laajemmalla kentällä, kuin vain tämän tutkimuksen viitekehykseen kuuluvissa projekti- toimijoissa ja heidän kotimaissaan. Tämän projektin toimijoita on monessa Euroopan alueen maissa ja heillä on hyvät kontaktit omissa kotimaissaan.

Lisäksi teollinen valmistaminen useassa maassa, antaa kyseiselle tutkimukselle pohjan ja tietoisuuden markkinoilla. Tulevaisuudessa koko ajan laajentuvan kuluttajaryhmän tavoittamiseen on hyvät mahdollisuudet ja tuote tulee näin samaan markkinaosuutta uutuustuotteena.

Kirjallisuuslähteet:

1. Boncamper Irma: 1991, Tekstiilioppi Fredrika Wetterhoffin Kotiteollisuusopettajaopisto.
2. Jokinen Kai ja Keskinen Erno, Tampereen Teknillinen Yliopisto ; Roland Meingast, Natus & Lehm Lehmabaustoffe GmbH ; Risto Juvonen, Lammin Paja Ky
Virtual plant design of industrial manufacturing system for earth plasters
(ISARC 2007)
3. Markula Raija : 1999, Tekstiilitieto , WSOY, 9. uudistettu painos.
4. Needles Howard L. May 1986, Hardcover, Handbook of textile fibers, dyes & finishes.
5. Rintamäki Jari ja Keskinen Erno, Tampereen Teknillinen Yliopisto ; Tarmo Tamm, Clay Processing Services OÜ, Tõnu Muring, University of Tartu
Automatic processing of natural fibres for industrial manufacturing of fibre reinforced earth plasters (ISARC 2007)
6. Rissanen Marja, 2006, Tekstiiliraaka-aineet, Luonnonkuidut.
7. Sundqvist Jorma , 1987 Tampere, Tekstiiliraaka-aineet 1, Luonnonkuidut 6. painos.
8. Talvenmaa Päivi : 1998, Tekstiilit ja ympäristö, Tekstiili- ja vaatetusteollisuus ry.
9. Truter E. V, 1973. Natural protein fibres. First published by Paul Elek , Scientific Books ,
Printed by Unwin Brothers Limited
10. Internet: Wikipedia 7/2009